Formulación química y ajuste de ecuaciones

J. Torres Patiño

- Química inorgánica
- Química orgánica
- Ion-electrón
- Coeficientes moleculares
- Nomenclatura IUPAC



PRÓLOGO

Al dirigirse a estudiantes que se inician en el estudio de la Química, he procurado escribir un texto simplificado, que, por su exposición «sistemática», les ayude a razonar y no recargar excesivamente su memoria. Su fácil lectura y sus precisos contenidos —tablas, diagramas de formulación, ejercicios prácticos...— hacen posible al lector la comprensión de los diversos temas por sí mismo.

En su preparación se buscaron como objetivos fundamentales los relacionados a continuación:

— Hacer llegar al estudiante una visión concreta, exahustiva y actualizada de la formulación química, pues la mayoría de los autores de textos de Física y Química se limitan a incluir en éstos unas nociones de formulación, circunstancia que da al alumno una visión incompleta, no facilitándose así el aprendizaje de la propia materia.

— Simplificar, a profesores y alumnos, el trabajo en clase.

— Ampliar el reducido campo de publicaciones existente en ajuste de ecuaciones químicas.

Se ha pretendido ofrecer un manual que contenga los conceptos necesarios para la comprensión de la escritura y la lectura de las fórmulas químicas. Para conseguir tal fin, se han omitido deliberadamente algunos fundamentos científicos, sustituyéndolos por aquellos recursos que puedan facilitar la comprensión.

En la exposición de los distintos temas, se ha dado prioridad a la nomenclatura y formulación «sistemáticas» —recomendadas por la IUPAC (Unión Internacional de Química Pura y Aplicada)—, aunque también se desarrollan las normativas «Stock» y «funcional», ya que el alumno al realizar estudios superiores, aún encontrará tratados científicos escritos en sistema funcional; al mismo tiempo se pretende dar respuesta a una reiterada pregunta del alumno: «¿cómo se nombraría este compuesto de todas las formas posibles?».

También aporta el texto un método sencillo y rápido de ajuste de ecuaciones químicas poco difundido —método de Coeficientes moleculares—, y desarrolla en su totalidad un gran número de ajustes por el método del Ión-electrón.

Mi más sincero agradecimiento a quienes me han estimulado y ayudado durante la confección de esta «guía» de formulación.

EL AUTOR

TEMA 1. ELEMENTOS

1. INTRODUCCIÓN

Desde épocas prehistóricas el hombre ha buscado el origen y naturaleza de todo lo que le rodea. Tras una etapa teológica y cosmológica en la Grecia clásica los filósofos especulan sobre el mundo, así, se habla de un principio tangible, que para Thales de Mileto es el **agua,** para Anaxímenes el **aire** y para Heráclito el **fuego.** Poco después, Empédocles nos habla de estos tres principios juntos al que se une la **tierra.** Los cuatro principios, con sus cuatro cualidades: **caliente, frío, seco** y **húmedo,** serían la base de la teoría aceptada por Aristóteles.

Poco a poco durante toda la Edad Media los alquimistas van construyendo las bases del saber de la Química y se van descubriendo los distintos elementos y reacciones hasta llegar a la época actual en la que se conocen 105 elementos de los cuales 15 han sido producidos artificialmente.

2. TABLA DE ELEMENTOS

Elemento	Símbolo	N.º atómico	Estado natural*
Actinio	Ac	89	
Aluminio	Al	13	
Americio	Am	95	. . . . (a)
Antimonio	Sb	51	
Argón	Ar	18	
Arsénico	As	33	
Astato	At	85	

Elemento	Símbolo	N.º atómico	Estado natural*
Azufre	S	16	
Bario	Ba	56	
Berilio	Be	4	
Berkelio	Bk	97	. . . . (a)
Bismuto	Bi	83	
Boro	B	5	
Bromo	Br	35	. . . . (l)
Cadmio	Cd	48	
Calcio	Ca	20	
Californio	Cf	98	. . . . (a)
Carbono	C	6	
Cerio	Ce	58	
Cesio	Cs	55	
Cinc	Zn	30	
Cloro	Cl	17	. . . . (g)
Cobalto	Co	27	
Cobre	Cu	29	
Cromo	Cr	24	
Curio	Cm	96	. . . . (a)
Disprosio	Dy	66	
Einstenio	Es	99	. . . . (a)
Erbio	Er	68	
Escandio	Sc	21	
Estaño	Sn	50	
Estroncio	Sr	38	
Europio	Eu	63	
Fermio	Fm	100	. . . . (a)
Flúor	F	9	. . . . (g)
Fósforo	P	15	
Francio	Fr	87	
Gadolinio	Gd	64	
Galio	Ga	31	
Germanio	Ge	32	
Hafnio	Hf	72	
Hahnio	Ha	105	. . . . (a)
Helio	He	2	. . . . (g)
Hidrógeno	H	1	. . . . (g)
Hierro	Fe	26	
Holmio	Ho	67	
Indio	In	49	
Iodo	I	53	

Elemento	Símbolo	N.º atómico	Estado natural*
Iridio	Ir	77	
Kriptón	Kr	36	.... (g)
Kurchatovio	Ku	104	.... (a)
Lantano	La	57	
Lawrencio	Lw	103	.... (a)
Litio	Li	3	
Lutecio	Lu	71	
Magnesio	Mg	12	
Manganeso	Mn	25	
Mendelevio	Md	101	.... (a)
Mercurio	Hg	80	.... (l)
Molibdeno	Mo	42	
Neodimio	Nd	60	
Neón	Ne	10	.... (g)
Neptunio	Np	93	.... (a)
Niobio	Nb	41	
Níquel	Ni	28	
Nitrógeno	N	7	.... (g)
Nobelio	No	102	.... (a)
Oro	Au	79	
Osmio	Os	76	
Oxígeno	O	8	.... (g)
Paladio	Pd	46	
Plata	Ag	47	
Platino	Pt	78	
Plomo	Pb	82	
Plutonio	Pu	94	.... (a)
Polonio	Po	84	
Potasio	K	19	
Praseodimio	Pr	59	
Promecio	Pm	61	.... (a)
Protactinio	Pa	91	
Radio	Ra	88	
Radón	Rn	86	
Renio	Re	75	
Rodio	Rh	45	
Rubidio	Rb	37	
Rutenio	Ru	44	
Samario	Sm	62	
Selenio	Se	34	
Silicio	Si	14	

Elemento	Símbolo	N.º atómico	Estado natural*
Sodio	Na	11	
Talio	Tl	81	
Tantalio	Ta	73	
Tecnecio	Tc	43	. . . . (a)
Teluro	Te	52	
Terbio	Tb	65	
Titanio	Ti	22	
Torio	Th	90	
Tulio	Tm	69	
Uranio	U	92	
Vanadio	V	23	
Wolframio	W	74	
Xenón	Xe	54	. . . . (g)
Yterbio	Yb	70	
Ytrio	Y	39	
Zirconio	Zr	40	

* Sin notación específica de su estado = sólidos
l = líquidos
g = gaseosos
a = obtenidos artificialmente

3. ORIGEN DEL SÍMBOLO DE ALGUNOS ELEMENTOS

Ag: Argentum (Latín)
Au: Aurum (Latín)
Cu: Cuprum (Latín)
Fe: Ferrum (Latín)
Hg: Hydrargyrum (Plata líquida)
K: Kalium (Latín)
Na: Natrium (Latín)
P: Phosphorus (Portador de luz)
Pb: Plumbum (Latín)
S: Sulphurium (Latín)
Sb: Stibium (Latín)
Sn: Stannum (Latín)
Sr: Stroncium (Latín)

4. CLASIFICACIÓN PERIÓDICA DE LOS ELEMENTOS

En el Sistema Periódico aceptado hoy en día, los elementos están ordenados de izquierda a derecha y de arriba a abajo en orden creciente de su número atómico (n.º de protones).

A las líneas **verticales** se las llama **grupos,** y en ellas, se encuentran los elementos de propiedades **químicas** similares e idéntica estructura electrónica en su **última** capa.

Existen 16 grupos, divididos en dos subgrupos A y B (1A, 2A... 8A. 1B, 2B... 7B, CERO).

Cada línea horizontal constituye un **PERÍODO,** en ellas, están situados los elementos que tienen el mismo número de capas electrónicas. En total hay 7 períodos (I al VII).

El 1.er período encuadra 2 elementos ⟶ Muy corto
El 2.° y 3.er períodos encuadran 8 elementos ⟶ Cortos
El 4.° y 5.° períodos encuadran 18 elementos ⟶ Largos
El 6.° y 7.° períodos encuadran 32 elementos ⟶ Muy largos

Algunos grupos reciben nombres específicos:

7B (excepto el H)	⟶	Halógenos
6B	⟶	Anfígenos
5B	⟶	Nitrogenoideos
4B	⟶	Carbonoideos
3B	⟶	Térreos
1A	⟶	Metales alcalinos
2A	⟶	Metales alcalino-térreos

El grupo **8A,** está compuesto por tres tríadas de elementos.

El hidrógeno no ocupa lugar lógico en el Sistema; tanto si se coloca en el grupo 1A, como en el 7B (ya que no es ni metal alcalino, ni halógeno).

Cada elemento posee un electrón más que el elemento que le precede en su período, a este electrón se le llama DIFERENCIADOR.

Nota:
Los subgrupos A y B se deben a que únicamente los períodos 2.° y 3.° contienen 8 elementos, los cuales determinan los grupos 1 al 7 y el CERO de los Gases Nobles.

El 4.° y 5.° períodos contienen 18 elementos, los cuales, para referirlos a los 8 grupos de la tabla, se dividen en un primer subperíodo de 7 elementos (elementos A de los grupos 1 al 7), un grupo de 3 elementos (el 8A), un segundo subperíodo de 7 elementos (elementos B del 1 al 7), y el gas noble final.

SISTEMA PERIÓDICO*

NÚMERO ATÓMICO
ELEMENTO
Masa atómica
DISTRIBUCIÓN ELECTRÓNICA
→ Lectura de cuadrículas

METALES DE TRANSICIÓN

N.º capas	GRUPO / PERÍODO	1A	2A		3A	4A	5A	6A	7A	8A	8A	8A	1B	2B		3B	4B	5B	6B	7B	0
una .... (1s)	I	H 1 1,0080 1																		H 1 1,0080 1	He 2 4,003 2
dos .... (2s)	II	Li 3 6,940 2-1	Be 4 9,013 2-2												(2p)	B 5 10,82 2-3	C 6 12,011 2-4	N 7 14,008 2-5	O 8 16 2-6	F 9 19,00 2-7	Ne 10 20,183 2-8
tres .... (3s)	III	Na 11 22,991 2-8-1	Mg 12 24,32 2-8-2												(3p)	Al 13 26,98 2-8-3	Si 14 28,09 2-8-4	P 15 30,975 2-8-5	S 16 32,066 2-8-6	Cl 17 35,457 2-8-7	Ar 18 39,944 2-8-8
cuatro ... (4s)	IV 2-8	K 19 39,100 8-1	Ca 20 40,08 8-2	(3d)	Sc 21 44,96 9-2	Ti 22 47,90 10-2	V 23 50,95 11-2	Cr 24 52,01 12-2	Mn 25 54,94 13-2	Fe 26 55,85 14-2	Co 27 58,94 15-2	Ni 28 58,71 16-2	Cu 29 63,54 18-1	Zn 30 65,38 18-2	(4p)	Ga 31 69,72 18-3	Ge 32 72,60 18-4	As 33 74,91 18-5	Se 34 78,96 18-6	Br 35 79,916 18-7	Kr 36 83,80 18-8
cinco ..... (5s)	V 2-8-18	Rb 37 85,48 8-1	Sr 38 87,63 8-2	(4d)	Y 39 88,92 9-2	Zr 40 91,22 10-2	Nb 41 92,91 12-1	Mo 42 95,95 13-1	Tc 43 (99) 14-1	Ru 44 101,1 15-1	Rh 45 102,91 16-1	Pd 46 106,4 18	Ag 47 107,880 18-1	Cd 48 112,41 18-2	(5p)	In 49 114,82 18-3	Sn 50 118,70 18-4	Sb 51 121,76 18-5	Te 52 127,61 18-6	I 53 126,91 18-7	Xe 54 131,30 18-8
seis .... (6s)	VI 2-8-18	Cs 55 132,91 18-8-1	Ba 56 137,36 18-8-2	(5d)	La 57 138,92 18-9-2	Hf 72 178,50 32-10-2	Ta 73 180,95 32-11-2	W 74 183,86 32-12-2	Re 75 186,22 32-13-2	Os 76 190,2 32-14-2	Ir 77 192,2 32-17	Pt 78 195,09 32-17-1	Au 79 197,0 32-18-1	Hg 80 200,61 32-18-2	(6p)	Tl 81 204,39 32-18-3	Pb 82 207,21 32-18-4	Bi 83 209,00 32-18-5	Po 84 210 32-18-6	At 85 (210) 32-18-7	Rn 86 222 32-18-8
siete .... (7s)	VII 2-8-18-32	Fr 87 (223) 18-8-1	Ra 88 226,05 18-8-2	(6d)	Ac 89 227 18-9-2	Ku 104 260	Ha 105 261														

TIERRAS RARAS

LANTÁNIDOS	(4f)	2-8-18	Ce 58 140,13 19-9-2	Pr 59 140,92 20-9-2	Nd 60 144,27 21-9-2	Pm 61 (145) 22-9-2	Sm 62 150,35 23-9-2	Eu 63 152,0 24-9-2	Gd 64 157,26 25-9-2	Tb 65 158,93 26-9-2	Dy 66 162,51 27-9-2	Ho 67 164,94 28-9-2	Er 68 167,27 29-9-2	Tm 69 168,94 30-9-2	Yb 70 173,04 31-9-2	Lu 71 174,99 32-9-2
ACTÍNIDOS	(5f)	2-8-18-32	Th 90 232,05 19-9-2	Pa 91 231 20-9-2	U 92 238,07 21-9-2	Np 93 (237) 22-9-2	Pu 94 (242) 23-9-2	Am 95 (243) 24-9-2	Cm 96 (245) 25-9-2	Bk 97 (249) 26-9-2	Cf 98 (249) 27-9-2	Es 99 (254) 28-9-2	Fm 100 (255) 29-9-2	Md 101 (256) 30-9-2	No 102 (254) 31-9-2	Lw 103 (257) 32-9-2

* Las masas atómicas son relativas al C_6^{12} (isótopo del carbono). Las encerradas entre paréntesis, están determinadas en función del isótopo más abundante del elemento.

Las casillas, por ejemplo 5s, 4d, 3p.., reflejan la capa y subnivel donde se encuentra el electrón diferenciador de los elementos situados a su derecha.

5. GENERALIDADES

Los átomos al unirse forman moléculas, siendo éste el principio fundamental de la constitución de los cuerpos. La molécula es la parte más pequeña de una sustancia que posee todas las propiedades de ésta.

Todo lo que nos rodea en la naturaleza es una mezcla de sustancias, muchas de las cuales se han procurado aislar o purificar con el fin de obtener de ellas alguna utilidad.

En la actualidad, se conocen la mayor parte de las sustancias que podemos encontrar en el Universo; unas están constituidas por un sólo tipo de átomos, otras, son combinaciones de diversos átomos. A las primeras se les llama sustancias simples y a las segundas compuestas.

Tanto en las sustancias compuestas como en las simples, la fórmula no es más que la expresión abreviada de su composición. Estas fórmulas se obtienen **experimentalmente** a partir de los porcentajes **en peso** de cada uno de los elementos que las constituyen.

Distinguiremos dos clases de fórmulas: las moleculares y las desarrolladas.

Las primeras expresan, simplemente, de qué átomos está formada la molécula de la sustancia, mientras que las desarrolladas explican de qué modo están unidos los átomos que la forman.

6. VALENCIAS DE LOS ELEMENTOS QUÍMICOS*

METALES

Nombre	Símbolo	Valencia**
Litio	Li	1
Sodio	Na	1
Potasio	K	1
Rubido	Rb	1
Cesio	Cs	1
Plata	Ag	1
Berilio	Be	2
Magnesio	Mg	2
Calcio	Ca	2
Estroncio	Sr	2
Bario	Ba	2
Radio	Ra	2
Cinc	Zn	2
Cadmio	Cd	2
Aluminio	Al	3
Galio	Ga	3
Cobre	Cu	1,2
Mercurio	Hg	1,2
Oro	Au	1,3
Hierro	Fe	2,3
Cobalto	Co	2,3
Níquel	Ni	2,3
Germanio	Ge	2,4
Estaño	Sn	2,4
Plomo	Pb	2,4
Platino	Pt	2,4
Cromo	Cr	2,3,6
Manganeso	Mn	2,3,4,6,7
Vanadio	V	2,3,4,5

* **Elemento químico:** Es toda sustancia, que no puede descomponerse en otras más sencillas por métodos químicos.

** La **valencia** de un elemento se define como el número de átomos de **hidrógeno,** que pueden unirse con **un** átomo de dicho elemento, o ser **sustituidos** por él.

NO METALES*

Nombre	Símbolo	Valencia**	
		Con O	Con H
Hidrógeno***	H	1	–
Flúor	F	1	1
Cloro	Cl	1,3,5,7	1
Bromo	Br	1,3,5,7	1
Iodo	I	1,3,5,7	1
Oxígeno****	O	–	2,1
Azufre	S	2,4,6	2
Selenio	Se	2,4,6	2
Teluro	Te	2,4,6	2
Nitrógeno	N	3,5	3
Fósforo	P	3,5	3
Arsénico	As	3,5	3
Antimonio	Sb	3,5	3
Bismuto	Bi	3,5	3
Boro	B	3	3
Carbono	C	2,4	4
Silicio	Si	4	4

GASES NOBLES

Nombre	Símbolo	Valencia
Helio	He	
Neón	Ne	C
Argón	Ar	E
Kriptón	Kr	R
Xenón	Xe	O
Radón	Rn	

---

* La valencia de los no metales al combinarse con un metal, es la **misma** que tienen frente al hidrógeno.
La valencia de un no metal, se considera **negativa** si está combinada con **metales** o hidrógeno (las del cloro y azufre en NaCl, H_2S), y **positiva,** cuando se combina con algún **no metal** más electronegativo que él. Por ejemplo, las del S y N en SO_2, NO_2 (el oxígeno es más electronegativo).

** Solamente reseñamos las valencias más frecuentes de cada elemento.

*** La valencia de los no metales con el hidrógeno, es la **menor** de las que poseen con el oxígeno, a excepción del carbono, que es la mayor.

**** El oxígeno actúa con valencia 1, únicamente en los peróxidos.

TEMA 2. FORMULACIÓN Y NOMENCLATURA

1. INTRODUCCIÓN

Estableceremos en primer lugar, las diferencias existentes entre los conceptos de formulación y nomenclatura, ya que, por ir íntimamente ligados, se suelen identificar; podemos decir que:

Formular: Es escribir en **lenguaje químico** la composición de una **molécula** de cualquier compuesto químico. Para ello se indica el **número** de átomos de cada uno de los elementos que componen la molécula, obteniéndose así su fórmula.

Ejemplos: CaH_2
K_2O

Nombrar: Es asignar el nombre correcto a la fórmula de un compuesto químico.

Ejemplos: Hidruro de calcio (CaH_2)
Óxido de dipotasio (K_2O).

No todos los compuestos que encuentre el lector existen realmente, pero su interés didáctico nos ha llevado a formularlos.

2. CLASES DE NOMENCLATURAS

— Funcional o clásica
— Sistemática
— Stock

Funcional: Recibe este nombre por fundamentar la identificación de los compuestos en la FUNCIÓN química que los constituye. Tiende a desaparecer, porque admite bastantes arbitrariedades y su estudio resulta poco racional.

Para diferenciar los nombres de los compuestos químicos que forma un mismo elemento, utiliza los prefijos (hipo, per, hiper) y las terminaciones (oso, ico).

Si un elemento posee una única valencia, para nombrar el compuesto que forma, se expresa la **raíz** del nombre del elemento acabada en **ico.**

Para distinguir los compuestos que forma **un elemento** con:

		Prefijo		Terminación
2 valencias:	– 1.ª (menor)	⟶ —	....	oso
	– 2.ª (mayor)	⟶ —	....	ico
3 valencias:	– 1.ª (menor)	⟶ —	....	oso
	– 2.ª (intermedia)	⟶ —	....	ico
	– 3.ª (mayor)	⟶ per	....	ico
4 valencias	– 1.ª	⟶ hipo	....	oso
	– 2.ª	⟶ —	....	oso
	– 3.ª	⟶ —	....	ico
	– 4.ª	⟶ per	....	ico
5 valencias:	– 1.ª	⟶ hipo	....	oso
	– 2.ª	⟶ —	....	oso
	– 3.ª	⟶ —	....	ico
	– 4.ª	⟶ per	....	ico
	– 5.ª	⟶ hiper	....	ico

Sistemática: Reconoce las sustancias indicando la proporción de cada uno de sus constituyentes. Las diferencias que existan entre dos compuestos cuyos componentes sean **monoatómicos,** las refleja por el número de átomos que los constituyen; para ello utiliza los prefijos, **mono** (1), **di** (2), **tri** (3), **tetra** (4), **penta** (5), **hexa** (6)...

El prefijo **mono** se suele omitir, salvo casos excepcionales.

El nombre de los compuestos se obtiene al escribir la proporción de sus componentes de derecha a izquierda, excepto en los HIDRÁCIDOS y SALES que se siguen reglas específicas.

Si los constituyentes del compuesto son **poliatómicos,** los prefijos utilizados son:

Bis ⟶ Para reflejar 2 grupos poliatómicos.
Tris ⟶ Para reflejar 3 grupos poliatómicos
Tetraquis ⟶ Para reflejar 4 grupos poliatómicos
Pentaquis ⟶ Para reflejar 5 grupos poliatómicos
Hexaquis ⟶ Para reflejar 6 grupos poliatómicos
Heptaquis ⟶ Para reflejar 7 grupos poliatómicos
. . . .

Stock: Es característico de ella, indicar el nombre **genérico** del compuesto, a continuación el nombre del elemento que lo forma y, por último, la valencia de éste expresada con números **romanos** y encerrada en un paréntesis.

Se utiliza preferentemente para nombrar compuestos en los que intervienen metales. Si el elemento que forma el compuesto tiene valencia **única,** se puede suprimir.

La IUPAC (Unión Internacional de Química Pura y Aplicada), recomienda el uso de la SISTEMÁTICA y el olvido de la funcional.

Enlaces: Los átomos de los elementos se unen unos a otros porque todos ellos tienen necesidad de captar o ceder electrones. A las uniones que forman los átomos, se les llama **enlaces.**

Al formarse un enlace, siempre hay unos átomos que ceden electrones y otros que los captan (o comparten).

Para estudiar la formulación y nomenclatura de los compuestos químicos, los dividiremos en dos grandes grupos: BINARIOS y NO BINARIOS.

Compuestos binarios:
- Hidruros
- Óxidos
- Peróxidos
- Sales haloideas
- Combinaciones
  - No metal-no metal
  - Metal-metal

Compuestos no binarios:
- Oxoácidos
- Hidróxidos
- Sales

3. FORMULACIÓN

Compuestos binarios cuya molécula la constituyan:

— **Metal y no metal:** Se escribe a la izquierda el símbolo del metal, y a continuación el símbolo del no metal; una vez escritos se intercambian sus valencias.

Ejemplos: Na_2O
Fe_2O_3

— **Dos no metales:** Se intercambian sus valencias, y se escriben de acuerdo con el orden establecido por la IUPAC, que es:

METALES [B] Si, C Bi, Sb, As, P, N [H] Te, Se, S I, Br, Cl [O] F

Ejemplos: CO_2
NH_3
HCl

Si las valencias (subíndices) de los elementos que forman un compuesto son múltiplos de algún número entero, se deben simplificar, salvo que se especifique lo contrario.

Ejemplos: $Ca_2O_2 = CaO$*
$H_2N_2O_6 = NO_3H$ (hemos dividido por 2).*

Diagrama de formulación (Para compuestos binarios)

Orden de los elementos

Elementos	Na	H	Cu	O	Pb	H	N	H
Valencias	1	1	2	2	2	1	3	1
Intercambio de valencias	Na_1	H_1	Cu_2	O_2	Pb_1	H_2	N_1	H_3
Simplificación	Na	H	Cu	O	Pb	H_2	N	H_3
Compuesto	NaH		CuO		PbH_2		NH_3	

* La valencia 1, al simplificar, se suprime.

TEMA 3. HIDRUROS

Son compuestos resultantes de la unión del hidrógeno y cualquier otro elemento.

Tipos
- – Metálicos ⟶ formados por hidrógeno y metal
- – No metálicos ⟶ constituidos por hidrógeno y no metal

1. HIDRUROS METÁLICOS

Nomenclatura: Para nombrarlos en cualquier tipo de normativa, se emplea la palabra hidruro acompañada de las características particulares de cada una de ellas.

Ejemplos:

	Sistemática	Stock	Funcional o vulgar*
NaH ⟶	hidruro de sodio o monohidruro de sodio	hidruro de sodio (I)	hidruro sódico
CaH_2 ⟶	hidruro de calcio o dihidruro de calcio	hidruro de calcio (II)	hidruro cálcico
PbH_2 ⟶	dihidruro de plomo	hidruro de plomo (II)	hidruro plumboso
PbH_4 ⟶	tetrahidruro de plomo	hidruro de plomo (IV)	hidruro plúmbico

Si el metal tiene una única valencia (Na, Ca...) los prefijos (mono, di...) se pueden suprimir, ya que no existe posibilidad de confundirlo con un segundo hidruro del metal.

---

* El nombre vulgar (funcional) de un compuesto, es aquél que no se ajusta a un sistema de nomenclatura prefijado, pero que está muy arraigado en el lenguaje químico. Al compuesto fundamental de la naturaleza (H_2O) todos lo conocemos por su nombre vulgar «AGUA».

2. HIDRUROS NO METÁLICOS

Hidruros de los grupos (F, Cl, Br, I) y (S, Se, Te): Los grupos de no metales (F, Cl, Br, I) y (S, Se, Te), al combinarse con H, dan lugar a compuestos cuyas disoluciones acuosas manifiestan carácter ácido, por lo que a ellos se les denomina HIDRÁCIDOS.

Excepcionalmente, la nomenclatura sistemática para nombrarlos le da la terminación **uro** al no metal, y lo acompaña de la palabra hidrógeno.

La funcional cambia la palabra hidruro por ácido, escribiendo después la **raíz** del nombre del no metal acabado en **hídrico.**

Ejemplos:

	Sistemática	Funcional
HCl	cloruro de hidrógeno	ácido clorhídrico
HF	fluoruro de hidrógeno	ácido fluorhídrico
H_2S	sulfuro de hidrógeno	ácido sulfhídrico
H_2Se	seleniuro de hidrógeno	ácido selenhídrico

Hidruros de los grupos (N, P, As, Sb, Bi) y (C, Si): Según la IUPAC, el H lo escribiremos a la derecha. La nomenclatura sistemática los nombra de la misma forma que a los hidruros metálicos.

Sus nombres funcionales son arbitrarios, no siguen ninguna regla.

Ejemplos:

	Sistemática	Stock*	Funcional o vulgar
NH_3	trihidruro de nitrógeno	hidruro de nitrógeno (III)	amoniaco
PH_3	trihidruro de fósforo	hidruro de fósforo (III)	fosfina o fosfamina
AsH_3	trihidruro de arsénico	hidruro de arsénico (III)	arsina o arsenamina
SbH_3	trihidruro de antimonio	hidruro de antimonio (III)	estibina o estibamina
BiH_3	trihidruro de bismuto	hidruro de bismuto (III)	bismina o bismutina
CH_4	tetrahidruro de carbono	hidruro de carbono (IV)	metano
SiH_4	tetrahidruro de silicio	hidruro de silicio (IV)	silano

* Aunque la nomenclatura **Stock** no es aconsejable para nombrar compuestos en los que no intervienen metales, el escribirla puede servir de ayuda para recordar valencias.

Algunos elementos no metálicos pueden enlazarse **consigo mismos** dando lugar a hidruros más complejos; sus fórmulas no deben simplificarse.

Ejemplos: N_2H_4 hidrazina (nombre vulgar)
P_2H_4 difosfina (nombre vulgar)

Nomenclatura: Se recomienda nombrar a estos hidruros más complejos indicando el número de átomos del elemento no metálico, seguido de la **raíz** de su nombre acabada en **ano.**

Ejemplos:

		Fórmula desarrollada*
P_2H_4	difosfano	$H_2P - PH_2$ (H—, H— / P — P / —H, —H)
H_2S_5	pentasulfano	H — S — S — S — S — S — H
Sn_2H_6	diestannano	$H_3Sn - SnH_3$ (H—, H—, H— / Sn — Sn / —H, —H, —H)

3. EJERCICIOS**

I. **Formular:** AlH3

— hidruro de aluminio
— tetrahidruro de estaño SnH4
— ácido yodhídrico HI
— telururo de hidrógeno H2Te
— hidruro de potasio KH
— trihidruro de oro AuH3
— dihidruro de platino PtH2
— hexahidruro de cromo CrH6
— dihidruro de germanio GeH2
— hidruro de oro AuH
— hidruro de plata AgH
— dihidruro de bario BaH2

* Cada guión representa un enlace; el número de enlaces que forme un elemento, determinará su valencia en el compuesto.

** Las soluciones a los ejercicios propuestos en este capítulo y los siguientes se encuentran al final del libro.

II. Nombrar:

— HBr	— BH_3	— HCl
— NH_3	— H_2S	— FeH_3
— SbH_3	— FeH_2	— H_2Se
— RbH	— PtH_4	— ZnH_2
— H_2Se_2	— Si_3H_8	— As_2H_4

III. Indicar si son verdaderas (V) o falsas (F), las siguientes correspondencias:

— PH_5 ———— pentahidruro de plomo
— HBr ———— ácido bromhídrico
— RaH_2 ———— hidruro de radio
— KH_2 ———— hidruro de potasio
— HF ———— hidruro de flúor

IV. Investiga y completa conocimientos sobre los HIDRUROS:

— Representa mediante guiones los enlaces entre átomos de varios hidruros.

— Indica qué tipos de enlace se presentan en ellos.

— Describe características generales y peculiares de los hidruros.

— Localiza industrias de producción de hidruros.

— Resume algún proceso de obtención de hidruros.

— Diseña montajes de laboratorio para la obtención de hidruros.

PRÁCTICAS

DETECTOR DE HIDRÓGENO

Este aparato se fundamenta en la propiedad que posee el hidrógeno de ser el gas más ligero de los conocidos, se difunde a través de un medio poroso más rápidamente que el aire u otro gas cualquiera.

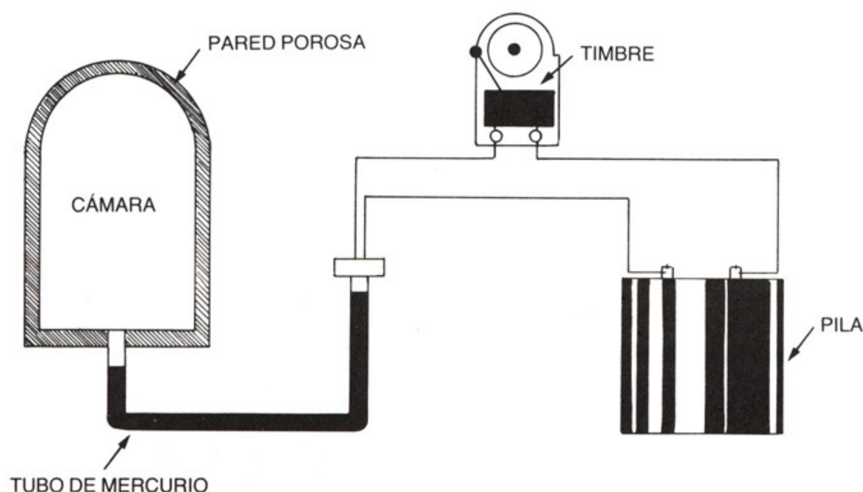
Se utiliza para detectar la presencia de hidrógeno en el aire de lugares mal ventilados, tales como submarinos o instalaciones industriales donde se obtiene hidrógeno como subproducto.

En dichos lugares se corre peligro de que se forme una mezcla explosiva de hidrógeno y aire.

El hidrógeno contenido en el aire, penetra por las paredes porosas de la cámara del detector más rápidamente que sale el aire del interior de la misma. En consecuencia, aumenta la presión en la cámara, la cual hace subir el mercurio del tubo en U por el brazo que contiene los hilos de un circuito de timbre eléctrico. Cuando el mercurio establece contacto cerrando el circuito, se oye una señal de alarma.

El aparato puede regularse de modo que dé la señal para ciertas concentraciones mínimas de hidrógeno, evitando así posibles explosiones.

Desde un 10 hasta un 65 % de hidrógeno en volumen, constituye el intervalo de mezclas explosivas de hidrógeno y aire.



CLORURO DE HIDRÓGENO: OBTENCIÓN

Uno de los métodos más empleados en el laboratorio para preparar HCl, consiste en atacar la sal común con H_2SO_4 concentrado, produciéndose la reacción:

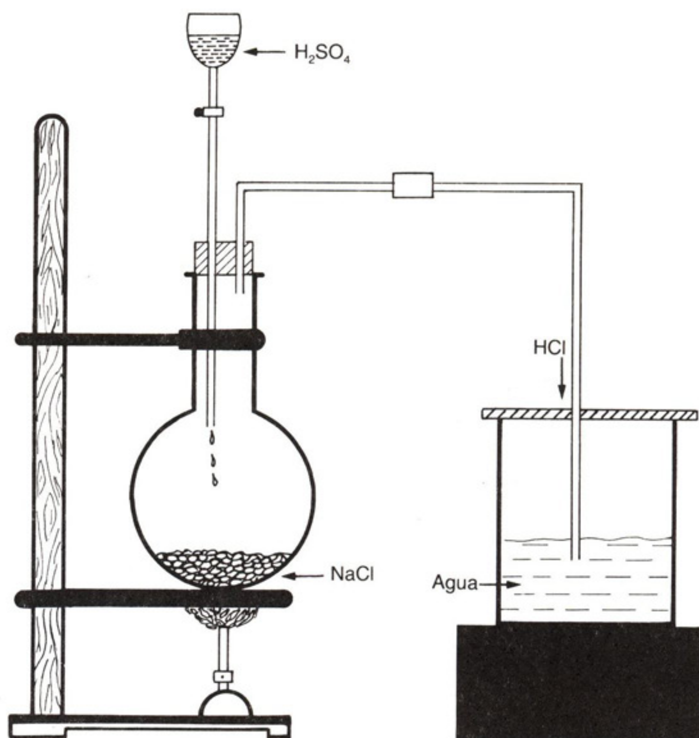


$$NaCl + H_2SO_4 \longrightarrow NaHSO_4 + HCl\uparrow$$

Se deja caer el ácido lentamente (gota o gota) sobre la sal, de un embudo de llave —o bureta—, mientras el matraz se somete a una llama poco intensa.

El cloruro de hidrógeno comienza a desprenderse, y puede recogerse disolviéndolo en un poco de agua.

Como el HCl es insoluble en el H_2SO_4 concentrado, la reacción no es reversible, y resulta prácticamente completa.



TEMA 4. ÓXIDOS

Son combinaciones del oxígeno con cualquier otro elemento.

Clases:
- Metálicos ⟶ uniones de oxígeno y metal
- No metálicos ⟶ formados por oxígeno y no metal

1. ÓXIDOS METÁLICOS

Su nomenclatura es similar a la de los hidruros.

Ejemplos:

	Sistemática	Stock	Funcional
K_2O	óxido de dipotasio	óxido de potasio (I)	óxido potásico
Cu_2O	óxido de dicobre	óxido de cobre (I)	óxido cuproso
CuO	óxido de cobre	óxido de cobre (II)	óxido cúprico
FeO	óxido de hierro	óxido de hierro (II)	óxido ferroso
Fe_2O_3	trióxido de dihierro	óxido de hierro (III)	óxido férrico
Fe_3O_4	$FeO + Fe_2O_3 \rightarrow Fe_3O_4$		óxido ferroso-férrico magnetita
CaO	óxido de calcio		cal viva

2. ÓXIDOS NO METÁLICOS

A muchos de ellos, la nomenclatura funcional los llama anhídridos, pero la IUPAC desaconseja esta denominación. La nomenclatura funcional llama anhídridos a aquéllos óxidos a los que sumándoles una molécula de agua, dan como resultado la fórmula molecular de un ácido.

Ejemplos:

	Sistemática	Stock	Funcional
SO_2	dióxido de azufre	óxido de azufre (IV)	anhídrido sulfuroso
SO_3	trióxido de azufre	óxido de azufre (VI)	anhídrido sulfúrico
Cl_2O	óxido de dicloro	óxido de cloro (I)	anhídrido hipocloroso
Cl_2O_3	trióxido de dicloro	óxido de cloro (III)	anhídrido cloroso
Cl_2O_5	pentaóxido de dicloro	óxido de cloro (V)	anhídrido clórico
Cl_2O_7	heptaóxido de dicloro	óxido de cloro (VII)	anhídrido perclórico
Las combinaciones del oxígeno con azufre (valencia 2), son poco frecuentes.			

Observaciones en el grupo (F, Cl, Br, I): Entre los óxidos del cloro, es más frecuente encontrar ClO_2 que Cl_2O_3.

— Por ser el flúor más electronegativo (mayor poder para captar electrones) que el oxígeno, al nombrar el óxido (OF_2) se cambia la terminación **ido** por **uro** (SISTEMÁTICA):

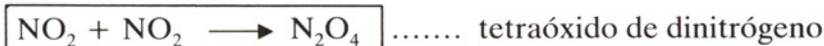
OF_2 .... difluoruro de oxígeno. (Forma correcta)
F_2O .... óxido de flúor. (Forma incorrecta, además de no guardar el orden IUPAC).

Ejemplos:

	Sistemática	Stock	Funcional
N_2O_3	trióxido de dinitrógeno	óxido de nitrógeno (III)	anhídrido nitroso
N_2O_5	pentaóxido de dinitrógeno	óxido de nitrógeno (V)	anhídrido nítrico
CO	monóxido de carbono	óxido de carbono (II)	óxido carbónico
CO_2	dióxido de carbono	óxido de carbono (IV)	anhídrido carbónico
Las bebidas carbónicas, refrescos, gaseosas, sifón, champán, etc., contienen CO_2 a presión superior a la atmosférica.			

El nitrógeno, con valencias que son **poco frecuentes** en él **(1, 2, 4)** forma los **siguientes óxidos:**

	Sistemática	Stock	Funcional
N_2O	monóxido de dinitrógeno	óxido de nitrógeno (I)	óxido nitroso o subóxido de nitrógeno
NO	monóxido de nitrógeno	óxido de nitrógeno (II)	óxido nítrico
NO_2	dióxido de nitrógeno	óxido de nitrógeno (IV)	bióxido de nitrógeno
La funcional en algunos casos utiliza los prefijos **bi** (2), y **sub** (por debajo del valor normal).			



$NO_2 + NO_2 \longrightarrow N_2O_4$ .... tetraóxido de dinitrógeno

Aunque son poco usuales, las relaciones de valencia (1-2) y (3-2) del oxígeno con otro elemento, se pueden nombrar con los prefijos **hemi** (mitad de oxígeno) y **sesqui.**

N_2O .... hemióxido de nitrógeno
Cl_2O .... hemióxido de cloro
N_2O_3 .... sesquióxido de nitrógeno
Fe_2O_3 .... sesquióxido de hierro

El **Mn** y el **Cr** a pesar de ser metales, forman algunos óxidos que pueden considerarse como estructura base de algunos ácidos, por lo que hemos creído conveniente exponerlos en este apartado de óxidos no metálicos.

Ejemplos:

	Sistemática	Stock	Funcional
MnO	óxido de manganeso	óxido de manganeso (II)	óxido manganoso
Mn_2O_3	trióxido de dimanganeso	óxido de manganeso (III)	óxido mangánico
MnO_2	dióxido de manganeso	óxido de manganeso (IV)	anhídrido manganoso
MnO_3	trióxido de manganeso	óxido de manganeso (VI)	anhídrido mangánico
Mn_2O_7	heptaóxido de dimanganeso	óxido de manganeso (VII)	anhídrido permangánico
CrO	óxido de cromo	óxido de cromo (II)	óxido cromoso
Cr_2O_3	trióxido de dicromo	óxido de cromo (III)	óxido crómico
CrO_3	trióxido de cromo	óxido de cromo (VI)	anhídrido crómico

Observaciones:

— Los elementos **(Br, I)** forman compuestos similares a los del Cl con valencias **(1, 3, 5, 7).**
— Los elementos **(Se, Te)** forman compuestos similares a los del S con valencias **(4, 6).**
— Los elementos **(P, As, Sb, Bi)** forman compuestos similares a los del N con valencias **(3, 5).**
— El **Si** forma compuestos similares a los del C con valencia **(4).**

3. EJERCICIOS

I. **Formular:**

— óxido de cesio
— trióxido de dibismuto
— óxido de plata
— pentaóxido de diyodo
— óxido de radio
— pentaóxido de dibromo
— trióxido de teluro
— heptaóxido de diyodo
— trióxido de digalio
— óxido de platino (IV)
— trióxido de diarsénico
— óxido de estroncio (II)

II. **Nombrar:**

— OF_2
— SnO_2
— SiO_2
— NiO
— BeO
— SeO_2
— Li_2O
— PbO_2
— SeO_3
— SnO
— Sb_2O_3
— GeO

III. **Indicar si son verdaderas (V) o falsas (F), las siguientes correspondencias:**

— HgO_2	óxido de mercurio (IV)
— Al_2O_3	óxido de aluminio
— Cu_2O_3	óxido de cromo (III)
— ZnO	óxido de cinc (II)

IV. **Amplía conocimientos:**

— Resalta con guiones los enlaces entre átomos de varios óxidos.

— Especifica qué tipos de enlace se presentan en ellos.

— Anota las propiedades generales y peculiares de los óxidos.

— Localiza industrias de producción de óxidos.

— Sintetiza algún proceso de obtención de óxidos.

— Diseña montajes de laboratorio para la obtención de óxidos.

PRÁCTICA

OBTENCIÓN DE OXÍGENO

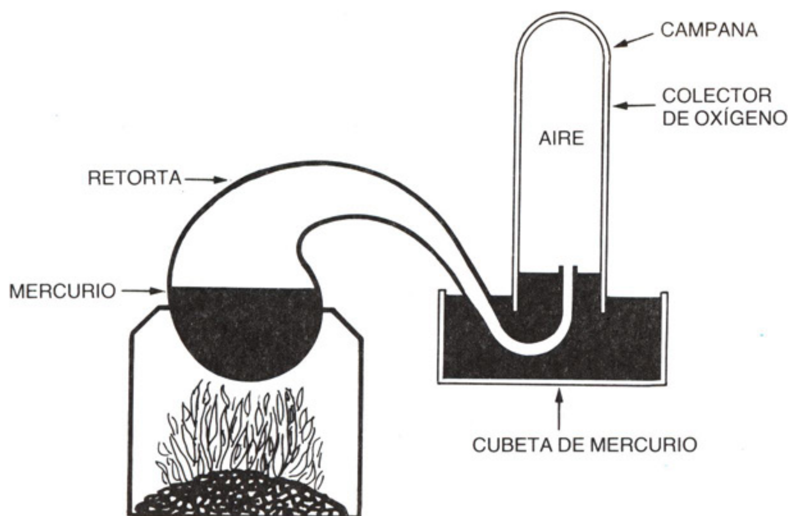
1. Método de Lavoisier

Durante doce días consecutivos calentó Lavoisier el mercurio colocado en la retorta, al cabo de ese tiempo vio que el mercurio estaba cubierto de un polvo rojo y, que el aire de la campana se había reducido a los 4/5 del volumen primitivo y ya no era comburente.

Al calentar fuertemente el polvo rojo de la retorta, obtuvo de nuevo mercurio y un volumen de gas igual a la disminución previamente observada en el aire de la campana y que dicho gas era totalmente comburente.

Lavoisier dedujo, que este gas provenía del aire encerrado en la campana que se había combinado con el mercurio de la retorta.

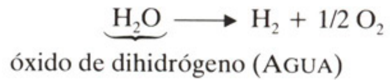
Lo llamó OXÍGENO.



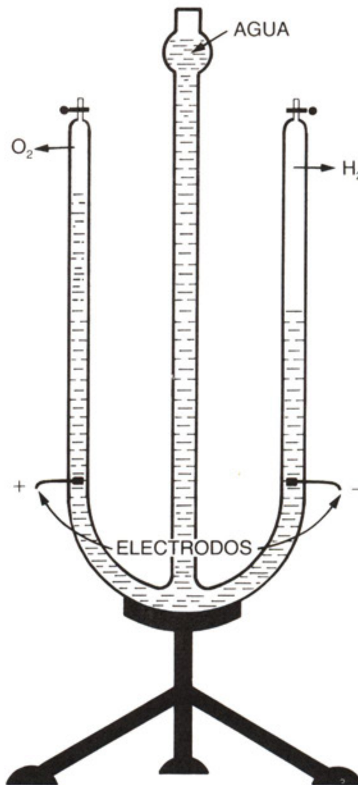
2. Por electrólisis del agua

A través de agua, que previamente se ha hecho conductora añadiéndole un poco de ácido sulfúrico o sosa caústica, se hace pasar una corriente CONTINUA que libera oxígeno en el ánodo e hidrógeno en el cátodo.

El volumen obtenido de oxígeno es la mitad del volumen correspondiente de hidrógeno, resultado concordante con:



$$\underbrace{H_2O}_{\text{óxido de dihidrógeno (AGUA)}} \longrightarrow H_2 + 1/2\ O_2$$



Voltámetro de Hofmann para la obtención de oxígeno y de hidrógeno por electrólisis del agua.

TEMA 5. PERÓXIDOS

Podemos definirlos como óxidos que han captado aún más oxígeno.

Se caracterizan por llevar en su molécula el grupo **Peroxo** (– O – O –), al cual le quedan **dos** valencias libres (cada guión representa un enlace) que le permiten **dos uniones** con otro u otros átomos, por lo que la valencia del oxígeno en estos compuestos es **uno.**

Sus fórmulas no se deben simplificar, para resaltar que se trata de un peróxido.

1. NOMENCLATURA

Su nomenclatura funcional se diferencia de la de los óxidos en que debemos anteponer el prefijo **per.** La sistemática sigue las mismas reglas que en los óxidos.

Ejemplos:

	Sistemática	Funcional	Fórmula desarrollada*
Na_2O_2	dióxido de disodio	peróxido sódico	Na — O — O — Na
Cu_2O_2	dióxido de dicobre [o cobre (I)]	peróxido cuproso	Cu — O — O — Cu
CuO_2	dióxido de cobre [o cobre (II)]	peróxido cúprico	O — O unidos a Cu (anillo)
H_2O_2	dióxido de dihidrógeno	peróxido de hidrógeno o agua oxigenada [$H_2O + 1/2O_2 = H_2O_2$]	H — O — O — H
Al_2O_6	hexaóxido de aluminio	peróxido de aluminio	Al — O — O — Al (tres puentes O — O)

* Representamos la fórmula desarrollada, como ayuda para comprender la estructura de estos compuestos.

Los peróxidos deben llevar grupos **Peroxos** completos; así por ejemplo, el peróxido de aluminio (ver ejemplo en la página anterior) no sería AlO_3 por incluir un número impar de oxígenos.*

2. EJERCICIOS

I. **Formular:**

— dióxido de mercurio (I)
— dióxido de mercurio (II)
— hexaóxido de cromo (III)
— peróxido férrico
— los peróxidos del oro
— dióxido de bario
— dióxido de cobalto
— peróxido de galio
— dióxido de cromo (II)
— peróxido estánnico
— peróxido estannoso
— los peróxidos del vanadio

II. **Nombrar:**

— Li_2O_2
— PtO_4
— BeO_2
— Ni_2O_6
— CaO_2
— Rb_2O_2
— MnO_4
— GeO_2
— Cs_2O_2
— V_2O_{10}
— Co_2O_6
— PbO_4

* El grupo **peroxo** realmente es el IÓN (O_2^{2-}). El concepto de ión será estudiado más adelante (tema 7).

Aunque aún no hemos hablado de iones, queremos hacer constar la existencia de combinaciones entre iones metálicos y los iones O_2^- y O_3^-; a las primeras se las conoce vulgarmente por hiperóxidos y a las segundas por ozónidos.

Ejemplos:

	Sistemática	Funcional
$Ag^+ + O_2^- \longrightarrow AgO_2$	dióxido de plata	hiperóxido de plata
$Au^{3+} + 3O_2^- \longrightarrow AuO_6$	hexaóxido de oro	hiperóxido aúrico
$Li^+ + O_3^- \longrightarrow LiO_3$	trióxido de litio	ozónido de litio
$Hg^{2+} + 2O_3^- \longrightarrow HgO_6$	hexaóxido de mercurio	ozónido mercúrico

III. **Investiga y completa conocimientos:**

— Refleja con pequeños trazos los enlaces entre átomos de varios peróxidos.

— Señala los tipos de enlace que se presentan en ellos.

— Reseña características generales y singulares de los peróxidos.

— Utilidad industrial de los peróxidos.

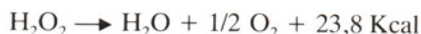
— Resume algún proceso de obtención de peróxidos.

— Diseña montajes de laboratorio para la obtención de peróxidos.

PRÁCTICA

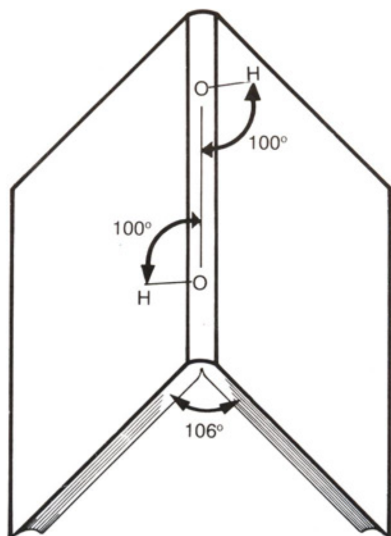
EL AGUA OXIGENADA

Es un compuesto muy inestable que se descompone según la reacción:



$$H_2O_2 \longrightarrow H_2O + 1/2\ O_2 + 23{,}8\ \text{Kcal}$$

Las partículas de polvo y la luz aceleran catalíticamente la velocidad de descomposición. Sus disoluciones concentradas y el líquido anhidro, se envasan en frascos con las paredes interiores revestidas de parafina para impedir que se disuelva el vidrio, puesto que el agua oxigenada ataca el vidrio algo más intensamente que el agua y al volverse el líquido alcalino, la descomposición del peróxido de hidrógeno tendría lugar con mayor rapidez.



Como catalizadores negativos —estabilizantes— de sus disoluciones se utilizan alcohol, éter, ácidos, etc.

La concentración de las disoluciones de agua oxigenada se suele expresar en VOLÚMENES; nos indican los volúmenes de oxígeno que pueden obtenerse en la descomposición de 1 volumen de la disolución. Así por ejemplo, un agua oxigenada de 10 volúmenes, contiene 3% de oxígeno.

Para reconocer la presencia de peróxido de hidrógeno en una disolución; se añade un poco de H_2CrO_4 a la disolución, y si aparece cierta coloración azul, el resultado es positivo.

La estructura espacial del peróxido de hidrógeno no es plana, podemos representarla imaginando los átomos de oxígeno situados en el lomo de un estuche o caja y los átomos de hidrógeno en las cubiertas abiertas 106°; siendo la abertura entre enlaces de 100°.

TEMA 6. COMPUESTOS BINARIOS SIN H Y SIN O

Forman este grupo de compuestos, las SALES HALOIDEAS (uniones metal-no metal) y las COMBINACIONES: a) No metal-no metal; b) Metal-metal.

1. METAL-NO METAL

Podemos considerarlas resultantes de sustituir los hidrógenos de los hidruros **no metálicos** con características **ácidas** (hidrácidos), por metales (es decir como sales SIMPLES).

Para nombrar estos compuestos se indica la **raíz** del nombre del no metal, acabada en **uro,** seguida del nombre del metal.

Ejemplos:

	Sistemática	**Stock**	**Funcional**
NaCl	cloruro de sodio	cloruro de sodio (I)	cloruro sódico o sal común
AuBr	bromuro de oro	bromuro de oro (I)	bromuro auroso
$AuBr_3$	tribromuro de oro	bromuro de oro (III)	bromuro aúrico
K_2S	sulfuro de dipotasio	sulfuro de potasio (I)	sulfuro potásico
CaC_2	dicarburo de calcio	carburo de calcio (II)	carburo cálcico

Obtención del carburo de calcio

$CaO + 3C \rightarrow CaC_2 + CO$

Fórmula desarrollada: C≡C unidos ambos a Ca

2. NO METAL-NO METAL

Se pueden considerar resultantes de sustituir los hidrógenos de los hidruros no metálicos con características ácidas (hidrácidos), por **no metales.**

Para nombrarlos, se da la terminación **uro,** al no metal situado a la derecha de acuerdo con el orden IUPAC (el más electronegativo).

Ejemplos:

*	Sistemática	Stock
BrCl	cloruro de bromo	cloruro de bromo (I)
IBr_5	pentabromuro de yodo	bromuro de yodo (V)
SF_4	tetrafluoruro de azufre	fluoruro de azufre (IV)
As_2Te_3	tritelururo de diarsénico	telururo de arsénico (III)

3. METAL-METAL

Para formular estas combinaciones, se escriben los elementos por orden alfabético de acuerdo con sus símbolos.

Las valencias de los metales que intervienen, no se corresponden con los valores estudiados en nuestra tabla. En las fórmulas se puede alterar el orden alfabético, para dar énfasis al carácter **iónico** de algún componente. Al elemento que se nombra en primer lugar se le da la terminación **uro.**

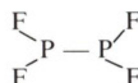
Ejemplos:

	Sistemática
AlCo	aluminiuro de cobalto
Ag_3Al	aluminiuro de triplata
$AgCd_3$	tricadmiuro de plata

* En algunas de estas combinaciones puede parecer que los no metales intervienen con valencias poco frecuentes, pero esto es debido a que el no metal situado a la izquierda (el menos electronegativo) está unido consigo mismo, como se ve en la representación de la fórmula desarrollada:

Ejemplo:

P_2F_4 tetrafluoruro de difósforo (Sistemática) fluoruro de fósforo (III) (Stock)



4. EJERCICIOS

I. **Formular:**

— sulfuro de diplata
— cloruro de níquel (III)
— triyoduro de galio
— trisulfuro de dihierro
— difosfuro de triníquel
— bromuro de yodo (I)
— cloruro de litio
— diyoduro de selenio
— sulfuro de germanio
— dibromuro de estroncio
— disulfuro de germanio
— seleniuro de teluro

II. **Nombrar:**

— P_2S_5
— NI_3
— FeI_2
— AgCl
— SiF_4
— AuBa
— $BiCl_5$
— RbCl
— B_2Se_3
— SI_2
— ZnTe
— FeS

III. **Amplía conocimientos:**

— Representa con guiones los enlaces entre átomos de varias combinaciones no metal-no metal.

— Especifica qué tipos de enlace has encontrado en las representaciones anteriores.

— Describe propiedades generales y peculiares de las SALES HALOIDEAS y las combinaciones metal-metal.

— Localiza industrias de producción de los componentes estudiados en este apartado.

— ¿Cómo obtendrías compuestos binarios sin H y sin O?

TEMA 7. IONES

1. INTRODUCCIÓN

Para poder comprender el concepto de **ión,** debemos recordar previamente dos cosas:

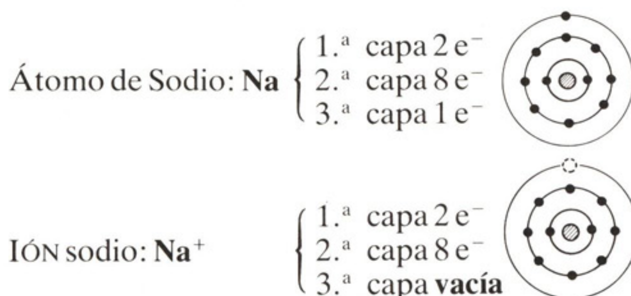
a) Los gases nobles se caracterizan por ser químicamente inactivos; no reaccionan con ningún elemento, esta cualidad se debe a que todos ellos poseen 8 electrones en la capa **externa** de su estructura electrónica, excepto el He que tiene 2.

b) Todos los átomos son eléctricamente **neutros,** ya que poseen igual número de **protones** (cargas **positivas**) que de electrones (cargas eléctricas **negativas**), pero a pesar de ello, por tendencia natural intentan quedar inactivos, estado que logran cuando su última capa contiene 8 electrones, igual que los gases nobles.

Un átomo podrá conseguir 8 electrones en su capa exterior de alguna de estas dos formas:

I. Perdiendo todos los electrones de su última capa, para que la penúltima que contiene 8, pase a ser la última.
Así dejará de ser neutro y quedará cargado **positivamente,** recibiendo ahora el nombre de IÓN; indicaremos este estado con el signo (+)

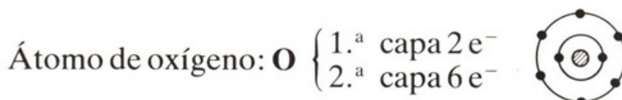
Ejemplo:

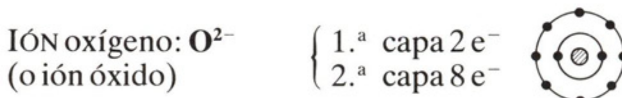


El átomo de Na al perder el electrón de su tercera capa, consigue inactividad, siendo ahora la 2.ª capa la **exterior** (con 8 electrones).

II. Tomando los electrones necesarios para completar 8 electrones en su última capa. De esta forma pierde su neutralidad, quedando cargado **negativamente,** y recibiendo el nombre de IÓN; estado que reflejamos con el signo (−).

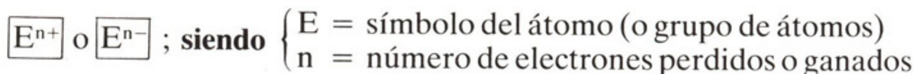
Ejemplos:





El átomo de oxígeno al captar 2 electrones para su última capa, queda inactivo, ya que ésta contiene 8 electrones.

La carga de los iones (que es al mismo tiempo su VALENCIA), se expresa de la siguiente forma:



E^{n+} o E^{n-} ; **siendo** { E = símbolo del átomo (o grupo de átomos); n = número de electrones perdidos o ganados }

Si **«n»** es igual a **uno,** sólo se escribe el **signo** (+) o (−).

Podemos por tanto **definir** los IONES como:

Átomos (o grupos de átomos) que han ganado o perdido electrones, por lo que están cargados eléctricamente. A los iones positivos se les llama CATIONES y a los negativos ANIONES.

2. CATIONES

Dependiendo del número de átomos que los constituyan, se clasifican en:

— monoatómicos
— poliatómicos

Cationes monoatómicos: Se nombran con la palabra **ión** (o **catión**), seguido del nombre del elemento que los originó. Si un átomo puede dar lugar a más de **un** catión, deberemos indicar con notación Stock el número de electrones ganados o perdidos en cada caso.

Ejemplos:

	Sistemática	Funcional*
K^+	ión potasio	ión potásico
Co^{2+}	ión cobalto (II)	ión cobaltoso
Co^{3+}	ión cobalto (III)	ión cobáltico
H^+	ión hidrógeno	ión hidrógeno (o protón)

La mayor parte de los cationes monoatómicos proceden de elementos metálicos (los metales tienden a ceder electrones en número igual a su valencia), pero algunos de ellos también pueden proceder de un no metal, en cuyo caso, la IUPAC aconseja usar la palabra CATIÓN para resaltar su origen.

Ejemplo:

Cl^+ .... catión cloro

Cationes poliatómicos: Podemos distinguir dos tipos:

a) Que contengan oxígeno.

Para nombrarlos escribiremos el vocablo IÓN (o catión), a continuación el número de átomos de cada uno de los elementos que lo forman, y por último se expresa con notación Stock la valencia del átomo característico del ión (el que acompaña al oxígeno).

Para hacer referencia al oxígeno se emplea el vocablo OXO.

Ejemplos:

	Átomo característico	Sistemática
CrO_2^{2+}	Cr	ión dioxocromo (VI)
$S_2O_5^{2+}$	S	catión pentaoxodiazufre (VI)

Para determinar la valencia del átomo característico (n.º de electrones cedidos), debemos tener en cuenta dos cosas:

— Cada átomo de oxígeno necesita captar 2 electrones para completar su última capa.
— El átomo característico cederá un número de electrones igual a los que necesite el oxígeno, **más** los de la carga del ión.

---

* La nomenclatura funcional, utiliza las terminaciones **oso** e **ico** para distinguirlos.

Aplicación:

$CrO_2^{2+} \rightarrow$ Electrones que aporta el **Cr** { — necesarios al oxígeno .. $2 \cdot 2 = 4$; — carga del ión .... $+\,2$

Total 6

valencia del Cr = VI

$S_2O_5^{2+} \rightarrow$ Electrones que aportan los dos azufres { — necesarios al oxígeno .. $5 \cdot 2 = 10$; — carga del ión .... $+\,2$

Total 12

valencia del S $= \frac{12}{2} =$ **VI**

Bastantes iones que contienen oxígeno se conocen por su nombre vulgar, éste resulta de dar la terminación **ilo** al nombre del átomo característico. Estos nombres están aceptados provisionalmente por la IUPAC.

Ejemplos:

	Nombre vulgar	**Átomo característico**	**Valencia**
CO^{2+}	ión carbonilo	C	IV
ClO^{+}	ión clorosilo	Cl	III
ClO_2^{+}	ión clorilo	Cl	V
ClO_3^{+}	ión perclorilo	Cl	VII

Si un ión resulta de sustituir en otro algunos átomos de oxígeno por átomos de azufre, se antepone al nombre del primitivo ión, el prefijo **tio.**

Ejemplo:

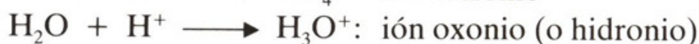
A partir del CO^{2+} obtenemos: CS^{2+} .... ión tiocarbonilo.
Si el sustituyente del oxígeno es el selenio, se antepone el prefijo **seleno:**
CSe^{2+} .... ión selenocarbonilo.

b) Resultantes de adicionar protones a aniones monoatómicos.

La adición se hace en número suficiente para que el ión resultante no sea eléctricamente neutro. Para nombrarlos, se indica la raíz del nombre del anión acabada en **onio.**

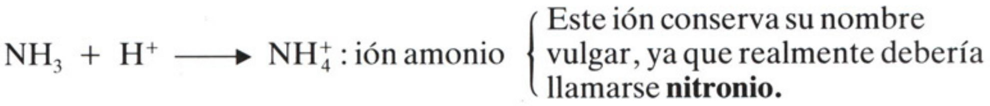

$S^{2-} + 3H^{+} \longrightarrow H_3S^{+}$: ión sulfonio


$P^{3-} + 4H^{+} \longrightarrow PH_4^{+}$: ión fosfonio


$H_2O + H^{+} \longrightarrow H_3O^{+}$: ión oxonio (o hidronio)

El orden de colocación de los elementos es el aconsejado por la IUPAC.

El vocablo HIDRONIO se debe usar para hidrataciones indefinidas del protón (H^+), pero no como nombre del H_3O^+, resultante de la monohidratación del protón.



$NH_3 + H^+ \longrightarrow NH_4^+$: ión amonio { Este ión conserva su nombre vulgar, ya que realmente debería llamarse **nitronio.**

3. ANIONES

También se clasifican en:

— monoatómicos
— poliatómicos

Aniones monoatómicos: Se nombran con el vocablo ión, seguido de la raíz del elemento que lo forma acabada en **uro.** La carga del ión es la valencia con que actúa el elemento frente al hidrógeno.

Ejemplos

	Sistemática
F^-	ión fluoruro
Cl^-	ión cloruro
S^{2-}	ión sulfuro
Se^{2-}	ión seleniuro
N^{3-}	ión nitruro
P^{3-}	ión fosfuro
H^-	ión hidruro
C^{4-}	ión carburo

Aniones poliatómicos: En estos aniones, al átomo característico se le considera unido a otros átomos llamados **ligandos.**

Para nombrarlos se escriben en primer lugar los nombres de los ligandos acabados en **«o»,** a continuación el del átomo característico terminado en **ato,** y por último, se expresa en notación Stock la valencia de este átomo.

Las referencias al oxígeno y al azufre se resaltan con las palabras **Oxo** y **Tio.**

Ejemplos:

	Átomo característico	Sistemática
ClO_3^-	Cl	ión trioxoclorato (V)
MnO_4^-	Mn	ión tetraoxomanganato (VII)
PS_4^{3-}	P	ión tetratiofosfato (V)
$S_2O_7^{2-}$	S	ión heptaoxodisulfato (VI)
SO_3F^-	S	ión trioxofluorosulfato (VI)

El átomo característico es el escrito a la izquierda.

Para deducir la valencia del átomo característico (n.º electrones cedidos), tendremos en cuenta 3 cosas:

— Cada átomo de oxígeno necesita captar 2 electrones.

— El átomo característico debe ceder un número de electrones igual a los que necesite el oxígeno, **menos** los de la carga del ión.

— El captador de electrones siempre será el átomo más electronegativo. Así, en aquellos iones en que el azufre ha sustituido al oxígeno, será el azufre el que capte electrones.

Excepción:

Por ser el **flúor** un elemento aún más electronegativo que el oxígeno, en aquellos iones en los que forme parte, el átomo característico deberá ceder también los electrones que el flúor necesite.

Aplicación:

ClO_3^- → Electrones que aporta el **Cl**
- — necesario al oxígeno ... $3 \cdot 2 = 6$
- — carga del ión .... -1
- Total 5

valencia del Cl = V

PS_4^{3-} → Electrones que aporta el **P**
- — necesarios al azufre .... $4 \cdot 2 = 8$
- — carga del ión .... -3
- Total 5

valencia del P = V

$S^2O_7^{2-}$ → Electrones que aportan los 2 azufres
- — necesarios al oxígeno .. $7 \cdot 2 = 14$
- — carga del ión .... -2
- Total 12

valencia del S = $\frac{12}{2}$ = **VI**

Excepción:

SO_3F^- → Electrones que aporta el **S**	— necesarios al oxígeno	$3 \cdot 2 =$	6
	— necesarios al flúor		1
	— carga del ión		− 1
			6
	valencia del S = **VI**		

Los nombres sistemáticos por resultar un poco complejos se suelen simplificar; por ello, se omite el número de átomos de los ligandos y la valencia del átomo característico. En caso contrario, se originarían confusiones:

Ejemplos:

Al ión tetraoxosulfato (VI) [SO_4^{2-}] se le puede llamar ión **sulfato** (VI)

Al ión trioxocarbonato (IV) [CO_3^{2-}] se le puede llamar ión **carbonato**

Al ión trioxosulfato (IV) [SO_3^{2-}] se le puede llamar ión **sulfato** (IV)

4. NOMBRES FUNCIONALES (VULGARES)

También son frecuentes los nombres vulgares en algunos aniones; en ellos, para indicar la proporción de oxígeno se utilizan los prefijos **hipo** (menor) y **per** (mayor), y las terminaciones **ito** (menor) y **ato** (mayor).

En un mismo ión se puede incluir un prefijo y una terminación, escribiendo entonces:

hipo ...... ito (mínimo)
per .... ato (máximo)

Ejemplos:

	Funcional	Átomo característico	Valencia	Sistemática
ClO^-	ión hipoclorito	Cl	(I)	ión monoxoclorato (I)
ClO_2^-	ión clorito	Cl	(III)	ión dioxoclorato (III)
ClO_3^-	ión clorato	Cl	(V)	ión trioxoclorato (V)
ClO_4^-	ión perclorato	Cl	(VII)	ión tetraoxoclorato (VII)

Si el átomo característico actúa con igual valencia en dos aniones, para distinguir sus nombres vulgares se utilizan prefijos que reflejan la proporción de oxígeno: **meta** (menor) y **orto** (mayor).

	Funcional	Átomo característico	Valencia
SiO_3^{2-}	ión metasilicato	Si	IV
SiO_4^{4-}	ión ortosilicato	Si	IV

Para denotar que el ión porta dos átomos del elemento característico, se utiliza el prefijo **di** (o piro).

$P_2O_7^{4-}$ .... ión difosfato (o pirofosfato)

También se puede cambiar la terminación **ato** por **ito** cuando se quiera expresar una menor proporción de oxígeno.

SO_3^{2-} .... ión sulfito SO_4^{2-} .... ión sulfato
NO_2^- .... ión nitrito NO_3^- .... ión nitrato

Excepciones:

A algunos iones poliatómicos, excepcionalmente, también se les da la terminación **uro**, como a los monoatómicos.

I_3^- .... ión triyoduro
S_2^{2-} .... ión disulfuro
NH_2^{2-} .... ión amiduro
CN^- .... ión cianuro
C_2^{2-} .... ión acetiluro
HF_2^- .... ión hidrogenodifluoruro

5. IONES DERIVADOS DEL OXÍGENO

A los iones que derivan del oxígeno se les da la terminación **ido.**

HO^- .... ión hidróxido*
O_2^{2-} .... ión peróxido
O_2^- .... ión hiperóxido
O_3^- .... ión ozónido
O^{2-} .... ión óxido

* No es correcto llamar al ión (HO^-) **hidroxilo** —nombre de uso frecuente—, ya que este nombre se debe usar para referirnos al (HO) neutro o al catión (HO^+).
Aunque según la IUPAC el ión hidróxido debe escribirse como (HO^-), también se puede admitir su orden inverso (OH^-).

Para finalizar el estudio de iones, creemos oportuno dar el nombre de algunos iones ciertamente complejos y que al lector le pueden ser de utilidad:

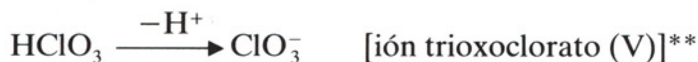
— CNS^-	ión sulfocianuro
— $Fe(CN)_6^{3-}$	ión ferricianuro
— $Fe(CN)_6^{4-}$	ión ferrocianuro
— CNO^-	ión cianato
— $S_3O_6^{2-}$	ión tritionato
— $S_2O_6^{2-}$	ión ditionato
— HO_2^-	ión hidrogenoperóxido
— WO_4^{2-}	ión tungstato
— NOO_2^-	ión peroxonitrito
— $C_2O_4^{2-}$*	ión oxalato
— $HC_2O_4^-$*	bioxalato, oxalato ácido o hidrógeno oxalato
— $C_4H_4O_6^{2-}$*	ión tartrato
— $C_2H_3O_2^-$*	ión acetato
— SbH_4^+	ión estibonio (excepción en la nomenclatura por acabar el nombre del elemento en onio)

* Proceden de compuestos orgánicos.

6. TABLA DE ANIONES POLIATÓMICOS

Sólo incluimos aquellos aniones que es necesario conocer perfectamente por originar los oxoácidos y las sales más corrientes.

A los aniones se los puede considerar procedentes de moléculas de oxoácidos que han perdido protones. Por ejemplo:



$$HClO_3 \xrightarrow{-H^+} ClO_3^- \quad \text{[ión trioxoclorato (V)]**}$$



$$H_2CO_3 \xrightarrow{-2H^+} CO_3^{2-} \quad \text{[ión trioxocarbonato (IV)]}$$



$$H_3PO_4 \xrightarrow{-3H^+} PO_4^{3-} \quad \text{[ión tetraoxofosfato (V)]}$$

** El valor de la carga negativa de los iones es igual al número de protones que pierde cada oxoácido, ya que proceden de compuestos neutros.

Todos los elementos situados en una misma columna de la tabla forman el mismo tipo de aniones, excepto los encuadrados como particulares. Con el fin de no recargar la tabla, sólo se reflejan los formados por el elemento que se cita en primer lugar.

Frecuentes*

	Cl,Br, I	S, Se	Te	N	P	As	Sb	Si, C	B	Mn,Cr	Múltiples
	ClO^-	SO_3^{2-}		NO_2^-	PO_3^-	AsO_3^-	SbO_3^-	SiO_3^{2-}	BO_3^{3-}	MnO_4^{2-}	$S_2O_7^{2-}$
	ClO_2^-	SO_4^{2-}		NO_3^-	$P_2O_7^{4-}$	$As_2O_7^{4-}$	$Sb_2O_7^{4-}$				$Cr_2O_7^{2-}$
	ClO_3^-				PO_4^{3-}	AsO_4^{3-}	SbO_4^{3-}				$P_3O_{10}^{5-}$
	ClO_4^-				PO_2^-	—	—				
					$P_2O_5^{4-}$	—	—				
					PO_3^{3-}	AsO_3^{3-}	—				
Particulares	IO_6^{5-}							SiO_4^{4-}	BO_2^-	MnO_4^-	

Poco frecuentes*

Cl,Br,I	S, Se	Te	N	P	As	Sb	Si, C	B	Mn, Cr	Múltiples
Particular	SO_2^{2-}	TeO_2^{2-}	NO_2^{2-}	PHO_3^{2-}		SbO_2^-				$S_2O_4^{2-}$
IO_5^{3-}		TeO_3^{2-}	$N_2O_2^{2-}$	$PH_2O_2^-$						$S_2O_5^{2-}$
										$S_2O_6^{2-}$
										$P_2O_6^{4-}$

Aunque menos frecuentes, vamos a estudiar ahora, aniones procedentes de oxoácidos que no han perdido todos sus hidrógenos. Esto se debe a que no dejan libres con igual facilidad a todos ellos.

$H_2CO_3 \xrightarrow{-H^+}$	HCO_3^-	ión trioxocarbonato (IV) de hidrógeno	ión carbonato ácido o ión bicarbonato
$H_2SO_4 \xrightarrow{-H^+}$	HSO_4^-	ión tetraoxosulfato (VI) de hidrógeno	ión sulfato ácido o ión bisulfato
$H_2SO_3 \xrightarrow{-H^+}$	HSO_3^-	ión trioxosulfato (VI) de hidrógeno	ión sulfito ácido o ión bisulfito
$H_3PO_4 \xrightarrow{-H^+}$	$H_2PO_4^-$	ión tetraoxofosfato (V) de hidrógeno	ión fosfato diácido

* También existen otras combinaciones de estos elementos con el oxígeno, pero unas dan como resultado oxoácidos y otras no.

Por último, vamos a exponer los aniones que resultan de algunas bases DÉBILES, que en ocasiones se disocian como ácidos (ANFOTEROS).

Ejemplos:

		Sistemática	Funcional
$Al(OH)_3 \longrightarrow AlO_2^- + H_3O^+$	AlO_2^-	ión dioxoaluminato	ión aluminato
$Zn(OH)_2 \longrightarrow ZnO_2^{2-} + 2H^+$	ZnO_2^{2-}	ión dioxocincato	ión cincato
$Sn(OH)_2 \longrightarrow SnO_2^{2-} + 2H^+$	SnO_2^{2-}	ión dioxoestannato	ión estannito
$Sn(OH)_4 \longrightarrow SnO_4^{4-} + 4H^+$	SnO_4^{4-}	ión tetraoxoestannato	ión estannato

7. EJERCICIOS

Cationes

I. **Formular:**

— ión manganeso (II)
— ión tiocarbonilo
— ión cloronio
— ión dioxoselenio (VI)
— ión fluorosilo
— ión calcio
— ión cinc
— ión cromo (III)
— ión arsonio

II. **Nombrar:**

— Br^+
— NO^+
— H_3Se^+
— Al^{3+}
— NO_2^+
— Cu^{2+}
— SbO_2^+
— H_2Br^+
— BO^+

Aniones

III. **Formular:**

— ión disulfito
— ión bromuro
— ión trioxoborato
— ión plumbito
— ión dioxofosfato (III)
— ión arseniuro
— ión aluminato
— ión plumbato
— ión tetraoxoestannato (IV)
— ión telururo
— ión tiosulfito
— ión cincato

IV. **Nombrar:**

— B_3^{3-}
— SeO_4^{2-}
— CrO_4^{2-}
— HS^-
— $P_2O_7^{4-}$
— Sb^{3-}
— $S_2O_3^{2-}$
— $Cr_2O_7^{2-}$
— BrO_3^-
— AsO_4^{3-}
— MnO_4^-
— HCO_3^-


BIBLIOTECA PÚBLICA MUNICIPAL - SAN FERNANDO

V. **Deduce la valencia del átomo característico de los iones poliatómicos encuadrados en los apartados (II) y (IV).**

VI. **Investiga y completa conocimientos:**

— Refleja con trazos los enlaces entre átomos de iones poliatómicos.

— Especifica qué clases de enlaces has encontrado en los iones.

TEMA 8. OXOÁCIDOS

Compuestos formados por **oxígeno,** hidrógeno, y no metal.

El lugar del no metal puede ser ocupado por **metales de transición** cuando éstos se combinan con un gran número de oxígenos (sus máximas valencias).

El Mn, Cr y V principalmente, a pesar de ser metales (de transición) generan oxoácidos.

1. NOMENCLATURA

El nombre sistemático resulta al indicar el del ión poliatómico que origina el oxoácido, seguido del vocablo **hidrógeno.**

El no recordar la funcional, implicaría el olvido de nombres aún muy familiares en el campo de la Química.

La Stock no resulta tan sencilla como en los compuestos binarios, por lo que creemos conveniente omitirla para no recargar excesivamente la memoria.

2. FORMULACIÓN

Para obtener la fórmula de un oxoácido, adicionaremos H^+ y en algunos de ellos también agua, a la composición del ión que lo genere.

La funcional obtiene los oxoácidos como combinaciones de anhídridos con agua, pero este proceso carece de rigor científico, puesto que realmente resultan de combinaciones entre aniones y cationes.

En la obtención de oxoácidos se nos pueden presentar los casos que a continuación se describen:

I. Que el elemento característico del oxoácido (no metal o metal de transición); genere **un sólo** compuesto con cada una de sus valencias frente al oxígeno.

Reúnen esta condición: Cl, Br, I* S, Se, Te N, C Cr y Mn

Reglas que seguiremos en el diagrama de FORMULACIÓN:

— El número de oxígenos multiplicado por su valencia, debe **superar** la valencia del elemento característico.

— La carga del ión, será la valencia del elemento característico menos el resultado del producto anterior. Es siempre negativa.

— Sumaremos tantos (H^+) como cargas tenga el ión; así el oxoácido resultante será neutro (estable).

ORDEN DE COLOCACIÓN

Componentes	S	O	S	O	C	O	Cr	O	Cl	O	Cl	O
Valencias	6	2	4	2	4	2	6	2	1	2	3	2
Número de oxígenos	4(4·2 = 8)		3(3·2= 6)		3(3·2= 6)		4(4·2= 8)		1(1·2= 2)		2(2·2= 4)	
Ión	SO_4^{2-}		SO_3^{2-}		CO_3^{2-}		CrO_4^{2-}		ClO^-		ClO_2^-	
Suma de H^+	$2H^+ + SO_4^{2-}$		$2H^+ + SO_3^{2-}$		$2H^+ + CO_3^{2-}$		$2H^+ + CrO_4^{2-}$		$H^+ + ClO^-$		$H^+ + ClO_2^-$	
Oxoácidos	H_2SO_4		H_2SO_3		H_2CO_3		H_2CrO_4		$HClO$		$HClO_2$	

Ejemplos:

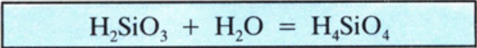
	Sistemática	**Funcional**
H_2SO_4	tetraoxosulfato (VI) de hidrógeno	ácido sulfúrico
H_2SO_3	trioxosulfato (IV) de hidrógeno	ácido sulfuroso
H_2CO_3	trioxocarbonato (IV) de hidrógeno	ácido carbónico
H_2CrO_4	tetraoxocromato (VI) de hidrógeno	ácido crómico
$HClO$	oxoclorato (I) de hidrógeno	ácido hipocloroso
$HClO_2$	dioxoclorato (III) de hidrógeno	ácido cloroso
$HClO_3$	trioxoclorato (V) de hidrógeno	ácido clórico
$HClO_4$	tetraoxoclorato (VII) de hidrógeno	ácido perclórico
HNO_3	trioxonitrato (V) de hidrógeno	ácido nítrico
HNO_2	dioxonitrato (III) de hidrógeno	ácido nitroso
H_2MnO_3	trioxomanganato (IV) de hidrógeno	ácido manganoso
H_2MnO_4	tetraoxo manganato (VI) de hidrógeno	ácido mangánico
$HMnO_4$	tetraoxo manganato (VII) de hidrógeno	ácido permangánico

* El flúor sólo forma una combinación con el oxígeno (F = valencia 1), por lo que sólo origina un oxoácido. El yodo, excepcionalmente no forma HIO_2, sin embargo genera H_5IO_6.

II. Elementos que den lugar a 2 oxoácidos con una de sus valencias frente al oxígeno. Uno de los oxoácidos será el **simple,** y el segundo, el hidratado del primero.
Incluiremos en este apartado, Si y B.
Las reglas de construcción del diagrama de formación, son las mismas del apartado (I).

Componentes	Si	O
Valencia	4	2
Número de oxígenos	$3(3 \cdot 2 = 6)$	
Ión	SiO_3^{2-}	
Suma de H^+	$2H^+ + SiO_3^{2-}$	
Oxoácido simple	H_2SiO_3	

Oxoácido hidratado



$H_2SiO_3 + H_2O = H_4SiO_4$

La nomenclatura funcional para distinguir estos oxoácidos, utiliza los prefijos **meta** (mínimo de agua) y **orto** (máximo de agua).

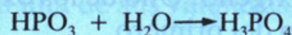
Ejemplos:

	Sistemática	**Funcional**
H_2SiO_3 H_4SiO_4	trioxosilicato (IV) de hidrógeno tetraoxosilicato (IV) de hidrógeno	ácido metasilícico ácido ortosilícico
HBO_2 H_3BO_3	**simple:** dioxoborato (III) de hidrógeno **hidratado:** trioxoborato (III) de hidrógeno	ácido metabórico ácido bórico u ortobórico

III. Elementos que generan 3 oxoácidos con sólo una de sus valencias frente al oxígeno.
Uno de ellos será el **simple,** el segundo será el **hidratado** del primero, y el tercero **(doble),** es resultado de la unión de 2 moléculas del **hidratado** restándole una molécula de agua.
Poseen esta singularidad P, As, Sb y V.
Las reglas del diagrama de FORMULACIÓN son las del apartado (I).
La nomenclatura funcional diferencia los 3 compuestos por medio de los prefijos **meta** (mínimo), **piro** (intermedio), y **orto** (máximo).

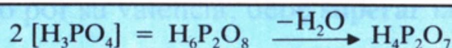
Componentes	P	O
Valencia	5	2
Número de oxígenos	$3(3 \cdot 2 = 6)$	
Ión	PO_3^-	
Suma H^+	$H^+ + PO_3^{2-}$	
Oxoácido simple	HPO_3	

Oxoácido hidratado



$$HPO_3 + H_2O \longrightarrow H_3PO_4$$

Oxoácido doble*



$$2\,[H_3PO_4] = H_6P_2O_8 \xrightarrow{-H_2O} H_4P_2O_7$$

Ejemplos:

	Sistemática	Funcional
HPO_3	trioxofosfato (V) de hidrógeno	ácido metafosfórico
$H_4P_2O_7$	heptaoxodifosfato (V) de hidrógeno	ácido pirofosfórico o difosfórico
H_3PO_4	tetraoxofosfato (V) de hidrógeno	ácido ortofosfórico

Observaciones:

— Con valencia (3), el «P» forma compuestos análogos al fósforo valencia (5); en nomenclatura funcional acabarán en **oso.**

— Los elementos (P, As y Sb) pueden presentar valencias (1, 7) con el oxígeno.

— Algunos autores suprimen el prefijo **orto** (funcional), denominando por ejemplo, a los ácidos ortofosfórico y ortofosforoso, simplemente fosfórico y fosforoso.

3. OTRAS CLASES DE ÁCIDOS

Oxoácidos múltiples

Son oxoácidos que poseen en su molécula más de un átomo del elemento característico.

* Este es el proceso de obtención de los oxoácidos múltiples.

Resultan por unión de **varias** moléculas de oxoácidos, a las que se quita **una** molécula de agua por cada unión.

Para diferenciarlos, la funcional utiliza los prefijos **di** (o piro), **tri, tetra,** etc.

Ejemplos:

	Sistemática	Funcional
$2\,[H_2SO_4] = H_4S_2O_8 \xrightarrow{-H_2O} H_2S_2O_7$	heptaoxodisulfato (VI) de hidrógeno	ácido disulfúrico o ácido pirosulfúrico
$2[H_2CrO_4] = H_4Cr_2O_8 \xrightarrow{-H_2O} H_2Cr_2O_7$	heptaoxodicromato (VI) de hidrógeno	ácido dicrómico o ácido pirocrómico
$3\,[H_3PO_4] = H_9P_3O_{12} \xrightarrow{-2H_2O} H_5P_3O_{10}$	decaoxotrifosfato (V) de hidrógeno	ácido trifosfórico

La IUPAC, desaconseja el uso del prefijo **piro** para nombrar esta clase de ácidos.

Tioácidos

Son compuestos que resultan de sustituir alguno de los oxígenos de los oxoácidos por **azufre.** Son conocidos por su nombre funcional, que se obtiene anteponiendo **tio** al nombre del oxoácido.

H_2SO_4 (sustituimos 1 oxígeno por 1 azufre) $\longrightarrow$ $H_2SO_3S \equiv H_2S_2O_3$ ácido **tio**sulfúrico
H_2SO_3 (sustituimos 1 oxígeno por 1 azufre) $\longrightarrow$ $H_2SO_2S \equiv H_2S_2O_2$ ácido **tio**sulfuroso

Ácidos con carbono y nitrógeno

Es característico de ellos contener en su molécula C y N enlazados entre sí; para comprender mejor su estructura, representamos su fórmula desarrollada. Se nombran como hidrácidos formados por el ión cianuro (CN^-).

	Sistemática	Funcional	Fórmula desarrollada
HCN	cianuro de hidrógeno	ácido cianhídrico	$H - C \equiv N$
HOCN	cianuro-oxo de hidrógeno	ácido ciánico	$H - O - C \equiv N$

4. ÁCIDOS FUNDAMENTALES*

Entre el gran número de ácidos que se pueden formular, hemos seleccionado aquellos cuyas fórmulas y nombres debemos retener en memoria por ser los más empleados en Química.

Como ejercicio, sugerimos al lector que escriba el nombre de cada uno de estos compuestos:

	Sistemática	**Funcional**
HCl	....	....
HBr	....	....
HI	....	....
H_2S	....	....
HCN	....	....
H_2CO_3	....	....
HNO_2	....	....
HNO_3	....	....
H_3PO_4	....	....
H_2SO_3	....	....
H_2SO_4	....	....
$HClO_3$	....	....
$HMnO_4$	....	....

* La nomenclatura funcional considera a los oxoácidos como combinaciones de anhídridos con el agua:



$$SO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4,$$

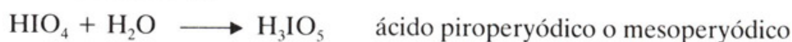


$$CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3,$$

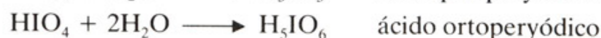


$$Cl_2O + H_2O \longrightarrow H_2Cl_2O_2 \equiv HCLO$$

También por adición de agua, y a partir del HIO_4 (ácido peryódico o metaperyódico) se explica la formación de:



$HIO_4 + H_2O \longrightarrow H_3IO_5$ ácido piroperyódico o mesoperyódico



$HIO_4 + 2H_2O \longrightarrow H_5IO_6$ ácido ortoperyódico

5. EJERCICIOS

I. **Formular:**

— ácido arsenioso u ortoarsenioso
— trioxotelurato (IV) de hidrógeno
— oxoyodato (I) de hidrógeno
— ácido selénico
— ácido fosforoso u ortofosforoso
— ácido telúrico
— dioxonitrato (II) de hidrógeno
— pentaoxodisulfato (IV) de hidrógeno
— trioxoseleniato (IV) de hidrógeno
— tetraoxobromato (VII) de hidrógeno
— hexaoxoyodato (VII) de hidrógeno
— decaoxotrifosfato (V) de hidrógeno
— tetraoxomanganato (VII) de hidrógeno
— trioxovanadato (V) de hidrógeno

II. **Escribir los nombres sistemáticos y funcionales de las fórmulas:**

— $H_2B_4O_7$
— H_5IO_6
— H_2SO_2
— H_6TeO_6
— H_2NO_2
— H_2PHO_3
— H_3AsS_3
— $H_2N_2O_2$
— $(HPO_3)_5$
— $H_4Sb_2O_7$
— $HSCN$
— $HBiO_3$
— H_3PO_2
— $H_3V_3O_9$
— HNO_4
— HPO_2

III. **Amplía conocimientos:**

— Escribe la fórmula desarrollada de varios oxoácidos.

— ¿Qué tipos de enlace has encontrado en ellos?

— Señala características generales y peculiares de los oxoácidos.

— Interés industrial de los oxoácidos.

— Sintetiza algún proceso de obtención de oxoácidos.

— Diseña montajes de laboratorio para la obtención de oxoácidos.

PRÁCTICA

OBTENCIÓN DE HNO_3

En el laboratorio y a partir del $NaNO_3$ podemos preparar HNO_3 en grandes cantidades, basta hacer reaccionar H_2SO_4 concentrado y $NaNO_3$ a temperatura superior a la del ambiente.

La reacción que tiene lugar es:



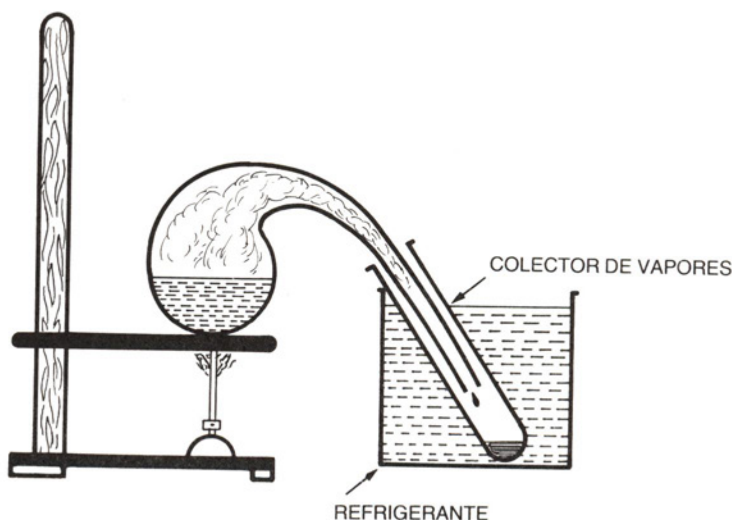
$$H_2SO_4 + NaNO_3 \rightleftharpoons NaHSO_4 + HNO_3$$

A temperaturas ordinarias no se obtiene HNO_3 ya que la reacción es reversible, pero al calentar, se producen vapores de HNO_3 que rompen el equilibrio, éste en consecuencia, se desplaza a la derecha produciendo HNO_3.

Por medio de refrigerantes enfriados con agua se condensan los vapores de HNO_3 y, se recogen en vasijas que no sean atacadas por el ácido (vidrio o gres).

El líquido resultante no es puro, su color amarillento se debe a la presencia de óxidos de nitrógeno procedentes de la descomposición de una pequeña parte del ácido.

Para obtener el HNO_3 puro e incoloro, se somete al producto a una corriente de aire que elimina los óxidos.



TEMA 9. HIDRÓXIDOS O BASES

Son compuestos que forman los metales con el ión hidróxido (HO^-).

1. FORMULACIÓN

La fórmula general es la siguiente:



$$M(OH)_x$$

Siendo: M = símbolo del metal ; x = valencia del metal

Al formular el ión hidróxido se puede cambiar el orden de sus componentes (OH^-).

Las valencias de los metales son positivas y la del grupo (OH^-) es **uno** negativa, por lo que escribiremos un número de grupos (OH^-) igual a la valencia del metal para así obtener un compuesto neutro.

Ejemplos:

	Sistemática	Stock	Funcional o vulgar
$NaOH$	hidróxido de sodio	hidróxido de sodio	hidróxido sódico o sosa caústica
KOH	hidróxido de potasio	hidróxido de potasio	hidróxido potásico o potasa
$Ca(OH)_2$	dihidróxido de calcio	hidróxido de calcio (II)	hidróxido cálcico o cal inerte
$Pb(OH)_4$	tetrahidróxido de plomo	hidróxido de plomo (IV)	hidróxido plúmbico
$Pb(OH)_2$	dihidróxido de plomo	hidróxido de plomo (II)	hidróxido plumboso
$NH_4(OH)$	hidróxido de amonio	hidróxido de amonio (I)	hidróxido amónico

2. EJERCICIOS

I. **Formular:**

— hidróxido de hierro (II)
— hidróxido de hierro (III)
— dihidróxido de cinc
— trihidróxido de boro
— tetrahidróxido de estaño
— hidróxido aúrico
— hidróxido bárico
— hidróxido auroso
— dihidróxido de platino
— trihidróxido de cobalto
— hidróxido de níquel (II)
— hidróxido de cromo (III)
— tetrahidróxido de platino
— hidróxido de cobre
— dihidróxido de cobalto

II. **Nombrar:**

— $Cr(OH)_2$
— $Rb(OH)$
— $Cu(OH)_2$
— $Sn(OH)_2$
— $Ni(OH)_3$
— $Mn(OH)_2$
— $Cd(OH)_2$
— $Al(OH)_3$
— $Sr(OH)_2$
— $Ge(OH)_4$
— $AgOH$
— $Be(OH)_2$
— $Mg(OH)_2$
— $Ge(OH)_2$
— $Ga(OH)_3$

III. **Como actividad que sirva para completar conocimientos sobre HIDRÓXIDOS proponemos:**

— Describir características generales y peculiares de los hidróxidos.

— Localizar industrias de producción de hidróxidos.

— Resumir algún proceso de obtención de hidróxidos.

— Diseñar montajes de laboratorio para la obtención de hidróxidos.

PRÁCTICA

SOSA CÁUSTICA: OBTENCIÓN

La célula Nelson: Es uno de los montajes más utilizados en la producción de hidróxido de sodio. En ella, tiene lugar un proceso de electrólisis a través de un ánodo de carbón y un cátodo de acero perforado; el ánodo se mantiene lleno de salmuera (disolución sobresaturada de sal común).

Para evitar que los productos que se forman en los electrodos reaccionen, se dispone de un diafragma o tabique poroso de asbesto.

Durante el transcurso de la electrólisis se producen Na^+, H_3O^+ y Cl_2.

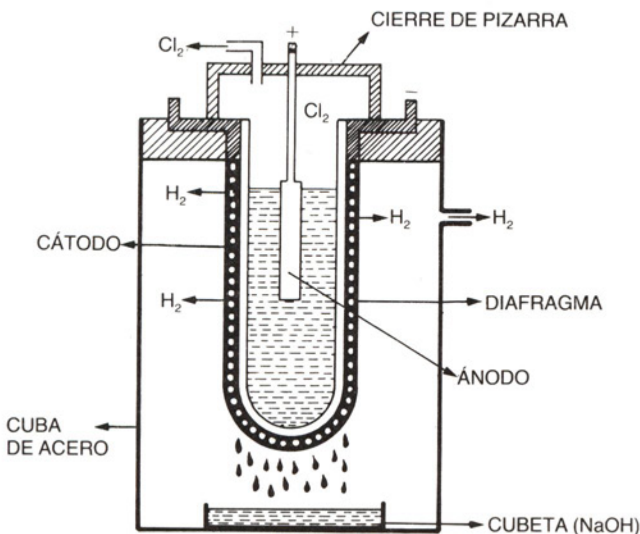
El cloro liberado se recoge fuera de la célula, y los iones Na^+ y H_3O^+ atraviesan el diafragma y llegan al cátodo, donde se libera hidrógeno y se produce hidróxido de sodio, todo ello, debido a la reacción iónica:



$$Na^+ + H_3O^+ \longrightarrow NaOH + H_2\uparrow$$

La disolución cáustica (lejía) gotea por los orificios laterales y se recoge en una cubeta; esta disolución contiene algo de NaCl, que se elimina en gran parte al someter la disolución a un proceso de evaporación que concentra el hidróxido de sodio.

La sosa caústica se emplea en la elaboración de jabones, refinamiento del petróleo, fabricación de rayón, celofán, papel, lejías, regeneración del caucho, etc.



TEMA 10. SALES

1. INTRODUCCIÓN

Llamamos sales a los compuestos que resulten de unir un **catión** con un anión distinto de los aniones hidruro (H^-), óxido (O^{2-}) e hidróxido (OH^-).

Si el catión es simple (F^-, Cl^-, S^{2-}, etc.), se forman sales ($NaCl$, K_2S, etc.) que ya hemos estudiado (SALES HALOIDEAS). Aquí estudiaremos las sales que se obtengan a partir de aniones **poliatómicos** (NO_3^-, SO_4^{2-}, etc.).

Tipos de sales:

— Neutras
— Ácidas
— Múltiples
— Oxisales
— Básicas

2. SALES NEUTRAS

Podemos considerarlas procedentes de uniones entre cationes **metálicos** y aniones **poliatómicos.** La nomenclatura funcional las considera resultado del desplazamiento de todos los hidrógenos de un oxoácido por átomos metálicos.

Nomenclatura: La sistemática expresa el nombre del anión que la origina, seguido del nombre del metal y la notación Stock de la valencia de éste cuando sea necesario.

En la práctica, se utiliza, la sistemática **simplificada,** que consiste en suprimir prefijos y valencias, siempre que no lleve a confusión.

Aunque actualmente la IUPAC no admite los nombres antiguos (funcionales), todavía en uso, de muchas sales, no hemos querido olvidarlos ya que el lector los encontrará aún en numerosos textos.

La funcional cambia las terminaciones **oso** e **ico** del oxoácido, por **ito** y **ato** respectivamente, indicando después las características del metal.

Formulación: A continuación ilustraremos con un diagrama la formulación de sales.

Orden de los componentes*

Componentes	Na^+	NO_3^-	Cu^+	SO_4^{2-}	Fe^{2+}	SO_3^{2-}	Fe^{3+}	SO_3^{2-}
Valencias	1	1	1	2	2	2	3	2
Intercambio de valencias	Na_1	$(NO_3)_1$	Cu_2	$(SO_4)_1$	Fe_2	$(SO_3)_2$	Fe_2	$(SO_3)_3$
Simplificación	Na	NO_3	Cu_2	SO_4	Fe	SO_3	**no posible**	
Sal	$NaNO_3$		Cu_2SO_4		$FeSO_3$		$Fe_2(SO_3)_3$	

Ejemplos:

	Sistemática	**Sistemática simplificada**	**Funcional**
$NaNO_3$	trioxonitrato (V) de sodio	nitrato (V) de sodio	nitrato sódico o nitrato de Chile
$NaNO_2$	dioxonitrato (III) de sodio	nitrato (III) de sodio	nitrito sódico
$Ca(NO_3)_2$	bis [trioxonitrato (V)] de calcio	nitrato (V) de calcio	nitrato cálcico
Cu_2SO_4	tetraoxosulfato (VI) de cobre (I)	sulfato (VI) de cobre (I)	sulfato cuproso
$CuSO_4$	tetraoxosulfato (VI) de cobre (II)	sulfato (VI) de cobre (II)	sulfato cúprico
Cu_2SO_3	trioxosulfato (IV) de cobre (I)	sulfato (IV) de cobre (I)	sulfito cuproso
$Fe_2(SO_3)_3$	tris [trioxosulfato (IV)] de hierro (III)	sulfato (IV) de hierro (III)	sulfito férrico
NaClO	oxoclorato (I) de sodio	clorato (I) de sodio	hipoclorito sódico
$NaClO_2$	dioxoclorato (III) de sodio	clorato (III) de sodio	clorito sódico
$NaClO_3$	trioxoclorato (V) de sodio	clorato (V) de sodio	clorato sódico
$NaClO_4$	tetraoxoclorato (VII) de sodio	clorato (VII) de sodio	perclorato sódico

---

* En la nomenclatura de sales en las que el metal posee valencia única, los prefijos bis, tris, etc., se pueden suprimir; por ejemplo en el $Ca(NO_3)_2$.

La valencia 1, al simplificar se suprime.

La valencia de los iones es igual al número de cargas que posee.

Al intercambiar valencias se omiten las cargas de los IONES.

	Sistemática	Sistemática simplificada	Funcional
$SnSiO_3$	trioxosilicato (IV) de estaño	silicato (IV) de estaño	metasilicato estannoso
$(NH_4)_2SO_4$	tetraoxosulfato (VI) de bis amonio	sulfato (VI) de amonio	sulfato amónico
Na_2CO_3	trioxocarbonato (IV) de sodio	carbonato (IV) de sodio	carbonato sódico o sosa solvay, o sosa de lavar
KCN	—	cianuro de potasio*	—
NaCN	—	cianuro de sodio*	—
$K_2Cr_2O_7$	heptaoxodicromato (VI) de potasio	—	dicromato potásico

3. SALES ÁCIDAS

Se llaman así aquellas sales que contienen átomos de hidrógeno en su molécula.

Estas sustancias se deben a que los ácidos con más de un hidrógeno no ceden todos ellos con igual facilidad, por lo que existen aniones con átomos de hidrógeno que dan lugar a esta clase de sales.

Los átomos de hidrógeno del anión pueden ser desplazados por cationes.

Nomenclatura: Se antepone el número de hidrógenos al nombre de la sal neutra, al contrario que en los oxoácidos, donde el hidrógeno se nombraba al final. (Ver excepciones de la funcional.)

Ejemplos:

	Sistemática
K_2HPO_4	hidrógenofosfato (V) de potasio
KH_2PO_4	dihidrógenofosfato (V) de potasio
$Ca(H_2PO_4)_2$	bis [dihidrógeno fosfato (V)] de calcio [o dihidrógeno fosfato (V) de calcio] (suprimimos bis)
$Al(H_2PO_4)_3$	tris [dihidrógenofosfato (V)] de aluminio [o dihidrógeno fosfato (V) de aluminio] (suprimimos tris)
Cu_2HPO_4	hidrógenofosfato (V) de cobre (I)
$CuHPO_4$	hidrógenofosfato (V) de cobre (II)
$NaHCO_3$	hidrógenocarbonato (IV) de sodio

* Todos los cianuros son venenosos. Unos miligramos bastan para provocar la muerte.

Excepciones (en la funcional): En la funcional se puede indicar de tres formas la presencia de hidrógeno en una sal*:

— Colocando los prefijos mono, di, tri, etc., delante del nombre del metal. Así se refleja el número de hidrógenos que han sido sustituidos en el oxoácido por átomos metálicos.

— Especificando el número de hidrógenos **no** sustituidos en el oxoácido. Para ello sitúa los prefijos di, tri, etc., delante de la palabra ácido.

— Escribiendo simplemente **bi,** delante del nombre de la sal.

Ejemplos:

	Funcional
K_2HPO_4	fosfato dipotásico
KH_2PO_4	fosfato monopotásico
$Ca(H_2PO_4)_2$	fosfato monocálcico (o fosfato diácido de calcio)
$NaHCO_3$	carbonato monosódico (o carbonato ácido de sodio, bicarbonato sódico)
$NaHSO_3$	sulfito monosódico (o sulfito ácido de sodio o bisulfito sódico)
$NaHSO_4$	sulfato monosódico (o sulfato ácido de sodio o bisulfato sódico)

4. SALES MÚLTIPLES

Se caracterizan por tener más de un anión o más de un catión en su molécula.

Podríamos considerar que resultan de sustituir los hidrógenos de un óxiácido por varios cationes.

Nomenclatura: Se escribe en primer lugar el nombre de los aniones y a continuación el de los cationes. Todos estos nombres deben ir separados por un guión y escritos en orden alfabético.

Para resaltar el orden alfabético se pueden escribir los nombres con su inicial en mayúscula.

* Existen sales que a pesar de poseer hidrógeno en su molécula no son ácidas. Son aquéllas en que el hidrógeno forma parte del anión.

Ejemplo:

Na_2PHO_3 .... fosfanato de sodio

Los prefijos no se tienen en cuenta al deducir la ordenación alfabética.

La presencia de **dos, tres,** etc., cationes en la sal, se refleja con las palabras **doble, triple,** etc., aunque se pueden omitir.

Formulación: Se representan los símbolos de los cationes y a continuación los de los aniones, todos ellos en orden alfabético.

En los nombres y fórmulas no tiene porqué coincidir el orden de aniones y cationes.

Ejemplos:

– **Con más de un anión:**	HgClI	cloruro-yoduro de mercurio (II)
	$K_5Br_2F(SO_4)_2$	dibromuro-fluoruro-disulfato (VI) de pentapotasio
– **Con más de un catión:**	K_3NaS_2	sulfuro (**doble**) de tripotasio-sodio
	$K(NH_4)(HPO_4)$	hidrógenofosfato de amonio-potasio
– **Con varios cationes y aniones**	LiAgRbBrClI	bromuro-cloruro-yoduro (**triple**) de litio-plata-rubidio
	$Al(NH_4)_2(PO_4)(CO_3)$	carbonato-fosfato (**doble**) de aluminio-diamonio

5. OXISALES

Se llaman así aquellas sales **dobles** que contienen aniones óxido en su molécula (O^{2-}). Su nomenclatura y formulación son similares a las de las sales múltiples.

Ejemplos:

$Ba_2O(SO_4)$ .... oxido-sulfato de bario (II)

$Fe_2(CO_3)O$ ...... carbonato-óxido de hierro (II) [u oxicarbonato de hierro (II)]

$Cu_4(CO_3)O_3$ ...... carbonato-trióxido de cobre (II)

6. SALES BÁSICAS

Son sales **dobles** que llevan incluidos aniones hidróxido (HO^-) en su molécula. Se nombran y formulan igual que las sales múltiples.

Ejemplos:

BeCl(OH) ..cloruro-hidróxido de berilio (o hidróxicloruro de berilio)

$PbBr(OH)_3$ ..bromuro-trihidróxido de plomo (IV)

$AlSO_4(OH)$ ..hidróxido-sulfato de aluminio

$CaNO_3(OH)$ ..hidróxido-nitrato de calcio

7. EJERCICIOS

I. **Formular:**

— cromato (VI) de sodio
— fosfato (V) de níquel (III)
— manganato (VII) de potasio
— hidrógenosulfuro (II) de amonio
— cloruro-hidróxido de magnesio
— hidróxido-sulfuro de galio
— heptaoxodicromato (VI) de sodio
— carbonato-óxido de plomo (IV)
— difluoruro-óxido de cobre (II)
— hidróxido-nitrato (V) de bario
— hidróxido-yodato (V) de cobre (II)
— tris [trioxocarbonato (IV)] de níquel (III)
— wolframato sódico
— nitrato de plata
— bis [dioxoborato (III)] de hierro (II)
— fosfato tricálcico

II. **Nombrar:**

— NH_4MnO_4
— $Co(IO_3)_2$
— $Ra(NO_2)_2$
— $Ca(HCO_3)_2$
— $Be(HS)_2$
— Cu_2HIO_6
— $AlISO_4$
— $CaBrNO_2$
— $AgKSO_3$
— $KClO_3$
— $AgHS$
— $Fe(OH)_2Cl$
— $Mn(MnO_3)$
— $Al(OH)Cl_2$
— KNO_3
— $Ca(NO_3)_2$
— $Pb(OH)_2S$
— $Fe(NO_2)_3$

III. **Como actividad complementaria en el estudio de las SALES, proponemos al lector:**

— Señalar propiedades generales y particulares de las sales.

— Localizar lugares de producción de sales.

— Resumir algún sistema de elaboración de sales.

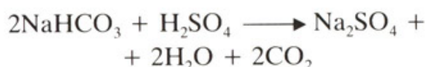
— ¿Cómo obtener sales ácidas y básicas en el laboratorio?

PRÁCTICA

EL EXTINTOR DE INCENDIOS

Está constituido por un recipiente metálico que contiene una disolución de $HNaCO_3$ y una botella de H_2SO_4.

Al invertir el aparato, el ácido se mezcla con la disolución salina y se forma dióxido de carbono; la reacción producida es:

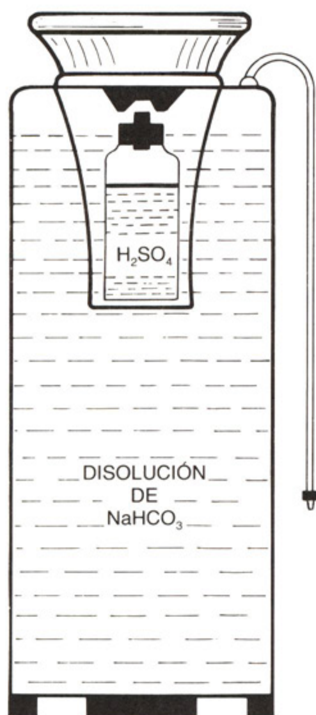


$$2NaHCO_3 + H_2SO_4 \longrightarrow Na_2SO_4 + $$
$$+ 2H_2O + 2CO_2$$

El dióxido de carbono resultante provoca la salida de un chorro líquido —disolución saturada de CO_2— por la boquilla.

El líquido arrojado es más eficaz que una cantidad igual de agua, ya que el dióxido de carbono que se desprende se mezcla con el aire que rodea al material incendiado, empobreciendo así, el medio ambiente en el que tiene lugar la combustión.

Existen otros tipos de extintores, que contienen ya dióxido de carbono líquido en un tubo a presión con una válvula de salida que puede regularse a voluntad.



TEMA 11. COMPLEMENTOS

1. SUSTANCIAS SIMPLES

Se llaman así aquellas sustancias constituidas por átomos de un **mismo elemento** químico. A los átomos de estas sustancias los podemos encontrar **aislados** en la naturaleza, pero es más frecuente encontrarlos formando agrupaciones de diferente número de átomos a las que se llaman **moléculas** (diatómicas, triatómicas..., poliatómicas).

A las distintas formas que puede presentar una sustancia simple en la naturaleza se denominan FORMAS ALOTRÓPICAS, y al fenómeno por el cual se originan, **Alotropía.**

La forma en que aparecen se determina experimentalmente calculando sus pesos atómico y molecular; así se ha comprobado que en algunas de ellas ambos coinciden, por lo que su molécula será **monoatómica.**

Las sustancias monoatómicas se nombran y representan por el símbolo del elemento.

Ejemplo:

Los GASES NOBLES (He, Ne, Ar, etc.).

Cuando las formas alotrópicas se encuentran en estado sólido, se presentan en forma de grandes mallas poliatómicas, pero con el fin de simplificar, se representan y nombran también como monoatómicas.

Pertenecen a este grupo: Los metales, el carbono y el silicio.

Ejemplos:

Au ⟶ representa el elemento oro y el metal oro
C ⟶ representa el elemento carbono y las sustancias **grafito** y **diamante**

Aparecen en forma de moléculas diatómicas, F_2, Cl_2, Br_2, I_2, H_2, O_2, N_2; en su mayor parte gaseosas.

También encontraremos sustancias (azufre, fósforo) cuya molécula es poliatómica. Para formularlas, se escribe el número de átomos como subíndice del símbolo del elemento.

Si el número de átomos de la sustancia es muy grande o desconocido (n), al nombrarla utilizaremos el prefijo **poli.**

Las formas estructurales de anillo o cadena en la molécula, se reflejan con los prefijos **ciclo** y **catena.**

	Sistemática	**Funcional**
Ag	plata	plata atómica
C	carbono	carbono atómico
Si	silicio	silicio
Br_2	dibromo	bromo
O_2	dioxígeno	oxígeno
O_3	trioxígeno	ozono
P_4	tetrafósforo	fósforo blanco
S_8	octoazufre o ciclo-octoazufre	azufre rómbico
S_n	poliazufre o catena-poliazufre	azufre μ (mu)

2. COMPUESTOS DE ADICIÓN

Resultan de la unión de dos o más compuestos «estables» por sí solos.

La unión se lleva a cabo en proporciones perfectamente definidas.

Para escribir su fórmula, se expresan los componentes por orden creciente según el número de moléculas y separados por puntos.

El agua y los compuestos del boro se reflejan al final, tanto en formulación como en nomenclatura; reservándose para el agua el último lugar.

Se nombran uniendo por medio de guiones los nombres de los componentes. El número de moléculas de cada constituyente se expresa al final del nombre con números separados por barras inclinadas y encerrados en paréntesis.

Si el número de moléculas coincidiese, se escriben los nombres en orden alfabético.

Como excepción, se utiliza la palabra **hidrato** para hacer referencia a compuestos que contienen agua; sin embargo, no es conveniente usarla, ya que puede llevar a posibles confusiones con nombres de aniones debido a su terminación **ato.**

Ejemplos:

$K_3PO_4 \cdot 6H_2O$	....	fosfato de potasio-agua (1/6) o fosfato de potasio hexahidrato (o hexahidratado)
$Ga_2(SO_4)_3 \cdot 4H_2O$	....	sulfato de galio-agua (1/4) o sulfato de galio (III) tetrahidrato (o tetrahidratado)
$2BaSO_4 \cdot 7H_2O$	....	sulfato de bario-agua (2/7)
$NaI \cdot CaI_2 \cdot 5H_2O$	....	yoduro de calcio-yoduro de sodio-agua (1/1/5)
$AlBr_3 \cdot 8NBr_5$	....	tribromuro de aluminio-pentabromuro de nitrógeno (1/8)

3. COMPUESTOS DE COORDINACIÓN O COMPLEJOS

Aparentemente a los compuestos simples no les quedan valencias libres, sin embargo, en ellos podemos encontrar valencias de segundo orden a las que se denominan residuales; estas valencias al saturarse con iones, átomos o grupos de átomos, a los que llamamos **ligandos,** dan lugar a los compuestos complejos.

Estos compuestos están formados por un átomo **central** (que generalmente suele ser un ión positivo de un metal de transición), unido a varias **moléculas** o iones **negativos** (ligandos).

La base del compuesto se encierra entre corchetes y se llama esfera de coordinación; al átomo del ligando unido directamente al átomo central (ACEPTOR) se denomina DADOR.

Cada átomo central posee un **«número de coordinación»** característico, igual al número de átomos unidos directamente a él (dadores).

Así en el complejo $[Ni(NH_3)_7]^{3+}$, el átomo central es el ión Ni^{3+}, los ligandos son las moléculas de NH_3, y el átomo dador el N.

Su número de coordinación es 7, ya que cada molécula de NH_3 aporta un átomo dador (N). En este caso el número de coordinación coincide con el número de ligandos, aunque no suele ser frecuente.

Ciertos ligandos pueden poseer varios átomos dadores como la **etil**en-**diamina** ($H_2NCH_2CH_2NH_2$) en la que existen dos átomos dadores por molécula, pudiendo así, darse dos uniones en el átomo ACEPTOR.

Los ligandos pueden ser inorgánicos y orgánicos, y se demoniman mono, di, tri, tetra, pentadentados, dependiendo del número de enlaces que formen con el átomo central.

A los complejos se les conoce con el nombre de QUELATOS y a los ligandos polidentados por QUELANTES .

Si el complejo posee más de un átomo aceptor, se llama complejo polinuclear o policentral; el número de átomos centrales se refleja con las palabras: mononuclear, dinuclear, etc.

Para nombrar este tipo de compuestos, se sigue una regla general, por la que se nombra en primer lugar el ión negativo terminado en **uro** o en **ato,** y a continuación el ión positivo.

Reglas específicas:

— El nombre de los ligandos se antepone al del átomo central, y la proporción de cada uno de ellos se indica mediante los prefijos mono, di, tri, etc.

— Cuando existan varios ligandos, escribiremos sus nombres por orden alfabético.

— Los ligandos «negativos» se nombran excepcionalmente mediante formas contractas o modificadas acabadas en **o.**

Ejemplos:

F^- (fluoro)	NO_2^- (nitro)	S^{2-} (tio)
Cl^- (cloro)	CN^- (ciano)	ONO^- (nitrito)
OH^- (hidroxo)	H^- (hidro)	[átomo coordinador el
O^{2-} (oxo)	I^- (yodo)	oxígeno (−ONO)].

— El número de oxidación del átomo central se expresa mediante notación Stock.

— Si el complejo resulta ser un ión **negativo,** el átomo central vendrá terminado en **ato.**

— Para resaltar el orden alfabético, se pueden escribir las letras iniciales del nombre de los ligandos en mayúsculas.*

Reglas de formulación:

— Primero se escriben los símbolos de los átomos centrales (si hubiese más de uno), y después, el de los ligandos iónicos y neutros por este orden.

— Todos los ligandos se representan por orden alfabético, seguido éste, por la inicial del símbolo de sus respectivos átomos coordinadores (dador o aceptor), por lo que el orden de los ligandos puede resultar diferente en la fórmula y en el nombre.

* Los ligandos «neutros» H_2O (agua), NH_3 (amina), CO (carbonilo) y NO (nitrosilo), aparecen con mucha frecuencia en la composición de los complejos.

Complejos neutros

Ejemplos:

$[CuCl_2(CO)_5]$	pentacarbonilodiclorocobre (II)
$[Fe(OH)_2\ (NH_3)_3]$	triamminadihidroxohierro (II)
$[Fe(NO_2)_3\ (H_2O)_3]$	triaquatrinitrohierro (III)
$[Fe(H_2PO_4)_3\ (NH_3)_4]$ ..	tetraamminatris [dihidrógeno fosfato (V)] de hierro (III)

Complejos catiónicos

Ejemplos:

$[Au(H_2O)_5]^{3+}$	ión pentaaquaoro (III)	No es necesario orden alfabético
$[Pt(NH_3)_8]^{4+}$	ión octoaminaplatino (IV)	
$[Ni(ONO)\ (H_2O)_3]^{2+}$ ..	ión triaquanitritoníquel (III)	

Complejos aniónicos

Ejemplos:

$[Cu(CN)_4]^{2-}$	............ión tetracianocuprato (II)
$[AuF_2O]^{3-}$	............ión difluorooxoaurato (I)

Sales complejas

Son sustancias que derivan de los compuestos de coordinación.

Se nombran y formulan de forma similar a las sales precedentes de iones sencillos.

Ejemplos:

$3Na^{+}$	$+ [Fe(CN)_6]^{3-}$	→	$Na_3[Fe(CN)_6]$	.... hexacianoferrato (III) de sodio **N. vulgar:** ferricianuro sódico
$4K^{+}$	$+ [Fe(CN)_6]^{4-}$	→	$K_4[Fe(CN)_6]$	.... hexacianoferrato (II) de potasio **N. vulgar:** ferrocianuro potásico
CO_3^{2-}	$+ [Ni(H_2O)_4)_4]^{2+}$	→	$[Ni(H_2O)_4]CO_3$	.... carbonato de tetraaquaníquel (II)
Cl^{-}	$+ [Cu(H_2O_3)]^{+}$	→	$[Cu(H_2O)_3]Cl$	.... cloruro de triaquacobre (I)

4. EJERCICIOS

I. **Formular:**

— bromuro de calcio-amoniaco (1/3)
— carbonato de estaño (II)-agua (2/5)
— ión bis (tiosulfato) cuprato (II)
— ión dicarbonilopentanitritomercuriato (II)
— triamminatriclorohierro (III)
— hexanitroniquelato (III) de potasio
— ión pentanitritoargéntico
— bromuro de diaquacobalto (III)

II. **Nombrar:**

— $6H_2S \cdot 12H_2O$
— $2Cu(CN)_2 3NaCN$
— $[Cu(NH_3)_3]\ (NO_3)_2$
— $[NiS(S_2)]^+$
— $[Fe(OH)(H_2O)_3]^{2+}$
— $[Fe(CN)]\ (OH)_2$
— $[CrI_3\ (H_2O)_2]\ 5H_2O$
— $H_3[Pt\ Br_5]$
— $(NH_4)_2\ [PtI_6]$

III. **Determina los números de oxidación que encuentres en los siguientes compuestos:**

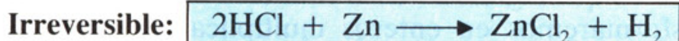
— $[NiS(S_2)]^+$
— $[Cu(NH_3)_3]\ (NO_3)_2$
— $[Fe(CN)]\ (OH)_2$
— $[Ni(CO)_5]$
— $[Hg(ONO)_5\ (H_2O)]^{3-}$
— $H_4\ [PtBr_5(NO_2)_3]$

TEMA 12. AJUSTE DE ECUACIONES

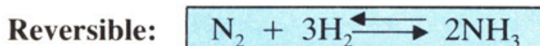
1. ECUACIÓN QUÍMICA

Es la representación en forma matemática de una reacción química; en el **primer** miembro se escriben los reactivos y en el **segundo** los productos, quedando ligados ambos por una o dos flechas, según se trate de un proceso químico irreversible o reversible.

Ejemplos:



Irreversible: $2HCl + Zn \longrightarrow ZnCl_2 + H_2$



Reversible: $N_2 + 3H_2 \rightleftarrows 2NH_3$

Las flechas [$\longrightarrow$, $\rightleftarrows$] en las ecuaciones químicas tienen un significado análogo al del signo (=) en las ecuaciones matemáticas, por lo que en una ecuación química se cumple que:

— Si sumamos o restamos moléculas de cualquier elemento o compuesto a ambos miembros de una ecuación química, ésta no cambia.
— Si multiplicamos o dividimos los dos miembros de una ecuación química por un mismo número entero, ésta no se altera.

Ajustar una ecuación química es determinar el coeficiente de cada una de las moléculas de reactivos y de productos. Una ecuación química estará ajustada cuando el número de átomos de todos los elementos que intervienen sea el mismo en el primer miembro (reactivos), que en el segundo (productos).

Nosotros utilizamos dos métodos para conseguir ajustar ecuaciones químicas:

a) Coeficientes moleculares
b) Ión-electrón

El método de Coeficientes moleculares tiene la ventaja de ser sencillo y rápido, pero presenta el inconveniente de no ajustar aquellas ecuaciones en que el número de coeficientes moleculares **sobrepasa,** en dos o más, al número de sustancias químicas que intervienen en ellas, por lo que será necesario utilizar en ocasiones el método del Ión-electrón.

2. COEFICIENTES MOLECULARES

Consta de los siguientes pasos:

I. Asignación de coeficientes moleculares indeterminados (a, b, c, d, e, ..., z) a reactivos y productos.
II. Igualar el número de átomos que cada elemento tiene en uno y otro miembro de la reacción; resulta de ello un sistema de ecuaciones matemáticas.
III. Tomar arbitrariamente el valor **uno,** para cualquiera de los coeficientes moleculares.
IV. En el caso en que alguno/s de los coeficientes resulten fraccionarios, los transformaremos en enteros multiplicando **todos** ellos por el número apropiado (m.c.m. de los denominadores).

3. EJERCICIOS RESUELTOS

1. Ajustar por Coeficientes moleculares la reacción:



$$Fe_2O_3 + C \rightleftarrows Fe + CO_2$$

I. Asignación de coeficientes: $aFe_2O_3 + bC \rightleftarrows cFe + dCO_2$

II. Igualaremos el número de átomos por elementos:

$$\left.\begin{aligned} Fe:&\ 2a = c \\ O:&\ 3a = 2d \\ C:&\ b = d \end{aligned}\right\} \text{Sistema de 3 ecuaciones y 4 incógnitas}$$

III. Para poder resolver el sistema anterior, tomamos arbitrariamente el valor **1** para **uno** de los coeficientes, por ejemplo: a = 1. Así tendremos en el sistema 3 ecuaciones y tres incógnitas, y podremos obtener su solución:

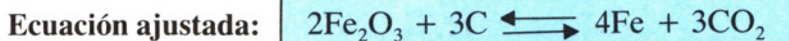
$$2a = c \longrightarrow c = 2 \cdot 1 = 2$$

$$3a = 2d \longrightarrow d = \frac{3 \cdot a}{2} = \frac{3 \cdot 1}{2} = \frac{3}{2}$$

$$b = d \longrightarrow b = \frac{3}{2}$$

IV. Algunos coeficientes son fraccionarios, con **igual** denominador. Para obtener coeficientes **enteros** multiplicamos **todos** ellos por **dos:**

a = 2
b = 3
c = 4
d = 3

Ecuación ajustada: 

$$2Fe_2O_3 + 3C \rightleftarrows 4Fe + 3CO_2$$

2. Ajustar por Coeficientes moleculares la reacción:



$$NH_3 + O_2 \longrightarrow NO + H_2O$$

I. Asignación de coeficientes: $aNH_3 + bO_2 \longrightarrow cNO + dH_2O$

II. Igualación atómica:

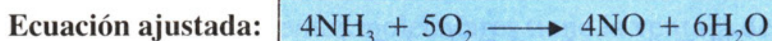
$$\left.\begin{array}{l} N : a = c \\ H : 3a = 2d \\ O : 2b = c + d \end{array}\right\}$$ Sistema de 3 ecuaciones y 4 incógnitas

III. Tomamos arbitrariamente **a = 1:**

$$a = c \longrightarrow c = 1$$
$$3a = 2d \longrightarrow d = 3/2$$
$$2b = c + d \longrightarrow b = 5/4$$

IV. Multiplicamos todos ellos por 4:

$$a = 4 \qquad c = 4$$
$$b = 5 \qquad d = 6$$

Ecuación ajustada: 

$$4NH_3 + 5O_2 \longrightarrow 4NO + 6H_2O$$

3. Ajustar por Coeficientes moleculares la ecuación:



$$KMnO_4 + H_2O_2 + HCl \longrightarrow MnCl_2 + O_2 + KCl + H_2O$$

I. Asignación de coeficientes:



$$aKMnO_4 + bH_2O_2 + cHCl \longrightarrow dMnCl_2 + eO_2 + fKCl + gH_2O$$

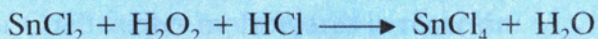
II. Igualación atómica:

$$\left.\begin{array}{ll} K & : a = f \\ Mn & : a = d \\ O & : 4a + 2b = 2e + g \\ H & : 2b + c = 2g \\ Cl & : c = 2d + f \end{array}\right\} \text{Sistema de 5 ecuaciones y 7 incógnitas}$$

El sistema a que hemos llegado no nos abre el camino del ajuste, debido a que la ecuación a ajustar tiene 5 sustancias químicas (K, Mn, O, H y Cl) y 7 coeficientes (a, b, c, d, e, f, g).

El número de incógnitas sobrepasa en dos al número de ecuaciones, por lo que no podemos ajustar la ecuación por este método. La ajustaremos más adelante por el método del Ión-electrón (pág. 91).

4. Ajustar por Coeficientes moleculares la ecuación:



$$SnCl_2 + H_2O_2 + HCl \longrightarrow SnCl_4 + H_2O$$

I. Asignación de coeficientes:



$$aSnCl_2 + bH_2O_2 + cHCl \longrightarrow dSnCl_4 + eH_2O$$

II. Igualación atómica:

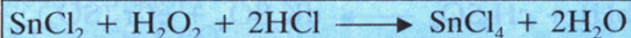
$$\left.\begin{array}{ll} Sn & : a = d \\ Cl & : 2a + c = 4d \\ H & : 2b + c = 2e \\ O & : 2b = e \end{array}\right\} \text{Sistema de 4 ecuaciones con 5 incógnitas}$$

III. Tomamos arbitrariamente **a = 1:**

$a = d \longrightarrow d = 1$
$2a + c = 4d \qquad 2 \cdot 1 + c = 4 \cdot 1 \longrightarrow c = 4 - 2 = 2$
$2b + c = 2e \qquad 2b = e; e + c = 2e \longrightarrow e = c = 2$
$2b = e \qquad 2b = 2 \longrightarrow b = 1$

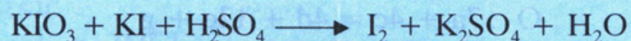
IV. Ninguno de los coeficientes es fraccionario.

Ecuación ajustada:



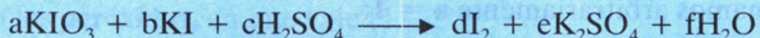
$SnCl_2 + H_2O_2 + 2HCl \longrightarrow SnCl_4 + 2H_2O$

5. Ajustar por Coeficientes moleculares la ecuación:



$KIO_3 + KI + H_2SO_4 \longrightarrow I_2 + K_2SO_4 + H_2O$

I. Asignación de coeficientes:



$aKIO_3 + bKI + cH_2SO_4 \longrightarrow dI_2 + eK_2SO_4 + fH_2O$

II. Igualación atómica:

K : $a + b = 2e$
I : $a + b = 2d$
O : $3a + 4c = 4e + f$
H : $2c = 2f$
S : $c = e$

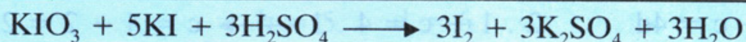
III. Interesa tomar arbitrariamente **c = 1** por encontrarse en ecuaciones sencillas.

$c = e \longrightarrow e = 1$
$2c = 2f \longrightarrow f = 1$
$3a + 4c = 4e + f \;;\; 3a + 4 = 4 + 1 \longrightarrow a = 1/3$
$a + b = 2e \longrightarrow b = 2e - a = 2 - 1/3 = 5/3$
$a + b = 2d \;;\; 1/3 + 5/3 = 2d \longrightarrow d = 1$

IV. Multiplicamos todos ellos por **3**:

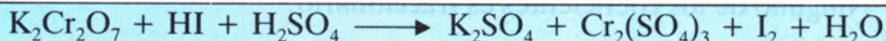
$a = 1 \qquad d = 3$
$b = 5 \qquad e = 3$
$c = 3 \qquad f = 3$

Ecuación ajustada:



$$KIO_3 + 5KI + 3H_2SO_4 \longrightarrow 3I_2 + 3K_2SO_4 + 3H_2O$$

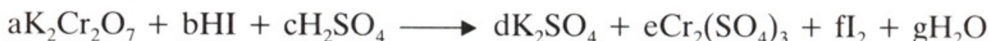
6. Ajustar por Coeficientes moleculares la ecuación:



$$K_2Cr_2O_7 + HI + H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + I_2 + H_2O$$

I. Asignación de coeficientes:

$$aK_2Cr_2O_7 + bHI + cH_2SO_4 \longrightarrow dK_2SO_4 + eCr_2(SO_4)_3 + fI_2 + gH_2O$$



II. Igualación atómica:

$$\begin{aligned} &K : 2a = 2d \\ &Cr : 2a = 2e \\ &O : 7a + 4c = 4d + 12e + g \\ &H : b + 2c = 2g \\ &I : b = 2f \\ &S : c = d + 3e \end{aligned}$$

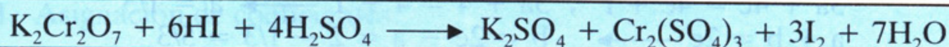
III. Tomamos arbitrariamente **a = 1**:

$$\begin{aligned} &2a = 2d \longrightarrow d = 1 \\ &2a = 2e \longrightarrow e = 1 \\ &c = d + 3e = 1 + 3 = 4 \\ &7a + 4c = 4d + 12e + g \qquad 7 + 16 = 4 + 12 + g \longrightarrow g = 7 \\ &b + 2c = g \longrightarrow b = 2g - 2c = 14 - 8 = 6 \\ &b = 2f \qquad 6 = 2f \longrightarrow f = 3 \end{aligned}$$

IV. Todos los coeficientes son enteros:

$$\begin{aligned} &a = 1 \qquad e = 1 \\ &b = 6 \qquad f = 3 \\ &c = 4 \qquad g = 7 \\ &d = 1 \end{aligned}$$

Ecuación ajustada:



$$K_2Cr_2O_7 + 6HI + 4H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 3I_2 + 7H_2O$$

4. IÓN-ELECTRÓN

Para poder aplicar este método en el ajuste de ecuaciones químicas, necesitamos conocer el concepto de **número de oxidación** o **índice redox.**

Se llama número de oxidación de un elemento al **número de electrones** que gana, pierde o comparte al formar un determinado compuesto. Los números de oxidación podrán ser positivos, negativos o nulos, dependerá del flujo de electrones que sufra un elemento.

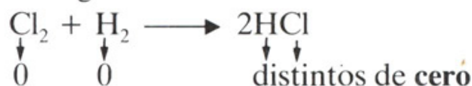
Podremos determinar cualquier número de oxidación con las siguientes reglas:

1. Tienen número de oxidación **«cero»:**

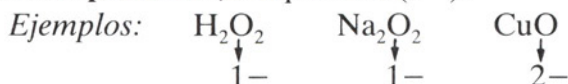
a) Todos los metales **libres** (sin combinar); por ejemplo, el **Cu** del primer miembro de la ecuación:



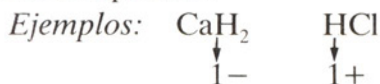
b) Los no metales en estado molecular (libres); por ejemplo, el cloro y el hidrógeno en:



2. El del oxígeno combinado es (2−), **excepto** en algunos compuestos como los **peróxidos,** en que vale (1−).



3. El del hidrógeno es (1−) en los hidruros metálicos y (1+) en todos los demás compuestos.



4. El de los metales combinados es **«positivo»** y coincide con el número de electrones cedidos (su valencia).



5. El de los no metales suele ser **negativo** (captan electrones) y para calcularlos nos atendremos a la siguiente regla:

Todo compuesto debe ser eléctricamente **neutro,** para ello, la **suma** total de la carga aportada por todos los componentes ha de ser nula.

Aplicación:

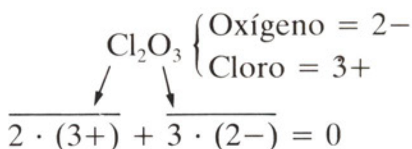
Determinar el número de oxidación «x» de algunos elementos (metales y no metales).

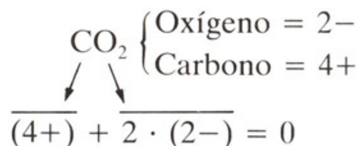
Es conveniente determinar siempre en primer lugar el número de oxidación del **oxígeno,** después el del **metal** (o hidrógeno), y por último el del **no metal.**

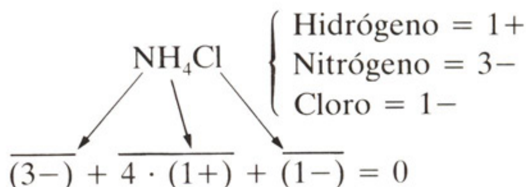
Compuesto	Elementos	N.º de átomos	N.º de oxidación	Carga aportada	Suma total
$NaClO_4$	Oxígeno Sodio Cloro	4 1 1	2– 1+ x	4 · (2–) = 8– 1 · (1 +) = 1+ 1 · (x) = x	(8–) + (1+) + x = 0 x = 7+ (mirar regla 6)
$Zn(NO_3)_2$	Oxígeno Cinc Nitrógeno	6 1 2	2– 2+ x	6 · (2–) = 12– 1 · (2+) = 2+ 2 · (x) = 2x	(12–) + (2+) + 2x = 0 2x = 10+ x = 5+
Fe_2O_3	Oxígeno Hierro	3 2	2– x	3 · (2–) = 6– 2 · (x) = 2x	(6–) + 2x = 0 x = 3+
Cl_2O_3	Oxígeno Cloro	3 2	2– x	3 · (2–) = 6– 2 · (x) = 2x	(6–) + 2x = 0 x = 3+
$CaCl_2$	Calcio Cloro	1 2	2+ x	1 · (2 +) = 2+ 2 · (x) = 2x	(2+) + 2x = 0 x = 1–
H_2CO_3	Oxígeno Hidrógeno Carbono	3 2 1	2– 1+ x	3 · (2–) = 6– 2 · (1+) = 2+ 1 · x = x	(6–) + (2+) + x = 0 x = 4+

6. Al combinarse elementos no metálicos, el número de oxidación **positivo** corresponde al elemento **menos** electronegativo (aquél que tiene **menor** poder para captar electrones).

Ejemplos:







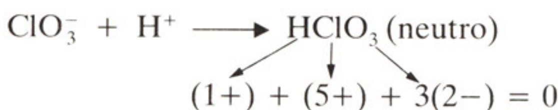
7. El número de oxidación del átomo característico de un ión poliatómico, coincide con su valencia.

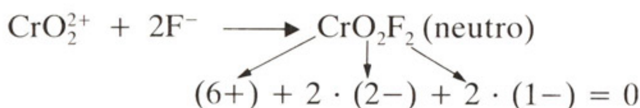
Ejemplos:



También se puede aplicar esta otra **regla:** «Transformar los iones en compuestos **neutros**». Para ello, se suma un número de H^+ (en caso de aniones) o un número de F^- (en caso de cationes) igual a la carga del ión.

Ejemplos:





El método del **Ión-electrón** consta de los siguientes pasos:

I. Descomposición de reactivos y productos en sus respectivos IONES.
Norma: Sólo se disocian en sus iones ÁCIDOS, BASES, SALES, y óxidos de metales alcalinos y alcalino-térreos. El agua no se considera disociada*.

II. Determinación del número de oxidación de cada uno de los elementos de la reacción.

III. Escribir las ecuaciones **Redox** (Oxidación-Reducción), de aquellos iones que contengan algún átomo cuyo número de oxidación cambie de valor de un miembro a otro de la ecuación.

IV. Ajustar atómicamente las ecuaciones Redox.
Normas:
a) Multiplicar cuando sea necesario, alguno de los miembros de las ecuaciones por el coeficiente apropiado.
b) El hidrógeno lo ajustaremos con H^+.
c) Al ajustar el número de **oxígenos,** se podrán presentar dos casos:

---

* Recordaremos que el agua permanece prácticamente **neutra** en las reacciones, pues sólo se ioniza su **diezmillonésima** parte (porción casi nula).

1. Que la reacción tenga lugar en **medio ÁCIDO** (ver explicación posterior). En este caso sumaremos moléculas de H_2O en el miembro que **falte** oxígeno (tantos como oxígenos necesite) y **doble** número de H^+ en el otro.
2. Que la reacción se lleve a cabo en **medio BÁSICO** (ver explicación posterior). En este caso, sumaremos moléculas de H_2O en el miembro que **sobre** oxígeno (tantas como oxígenos necesite el otro) y **doble** número de (OH^-) en el miembro defectuoso de oxígeno.

V. Ajustar eléctricamente las ecuaciones resultantes en (IV).

Norma: Sumar electrones (e^-) a aquel miembro de las ecuaciones (IV) que tenga **exceso** de carga (+) o **defecto** de carga (−) respecto al otro miembro, para que la carga **total** en ambos sea la misma.

VI. Multiplicar las ecuaciones resultantes en (V) por aquel número entero que iguale el número de electrones en ellas.

VII. Sumar algebraicamente las ecuaciones resultantes de (VI) y **simplificar** la suma.

VIII. Cuando sea necesario, podremos sumar a ambos miembros cualquier **ión.**

IX. Recomponer reactivos y productos agrupando iones.

Medio ácido: Una reacción tiene lugar en medio ácido cuando se lleva a cabo en presencia de la disolución acuosa de un ácido. Por tanto suponemos que debe existir abundancia en H_2O y (H^+), y podremos tomar H_2O para ajustar el **oxígeno** o protones (H^+) para transformar todos los (OH^-) en H_2O.



$$[OH^- + H^+ = H_2O]$$

Medio básico: Una reacción tiene lugar en medio básico (o alcalino), cuando en ella está presente la disolución acuosa de una base, por lo que debe haber abundancia de (OH^-) y H_2O. Podremos tomar H_2O para ajustar el **oxígeno** u (OH^-) para transformar todos los (H^+) en H_2O.



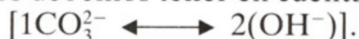
$$[H^+ + OH^- = H_2O]$$

5. OBSERVACIONES

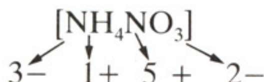
— Aquellas reacciones que no incluyan **«agua»** en ninguno de sus miembros, es aconsejable ajustarlas por Coeficientes Moleculares.

— A veces, pueden presentarse reacciones Redox en medio alcalino y no aparecer en ellas iones (OH^-), esto es debido a que la basicidad puede

estar originada por otros iones, por ejemplo por el ión carbonato (CO_3^{2-}). En estos casos debemos tener en cuenta la equivalencia:


$$[1CO_3^{2-} \longleftrightarrow 2(OH^-)].$$

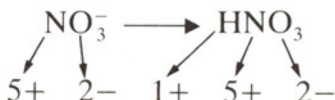
— Los números de oxidación del **N** en el compuesto [NH_4NO_3] son (3−) y (5+) ya que este compuesto está originado por el ión NH_4^+.

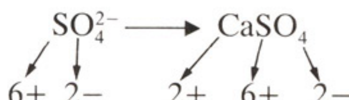


— En algunas ecuaciones químicas se pueden presentar más de dos ecuaciones Redox.

— Los números de oxidación de los elementos que intervienen en un ión, se pueden determinar a partir del ácido, base, sal, u óxido del que procedan.

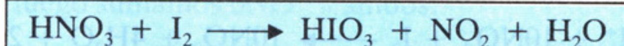
Ejemplos:





6. EJERCICIOS RESUELTOS

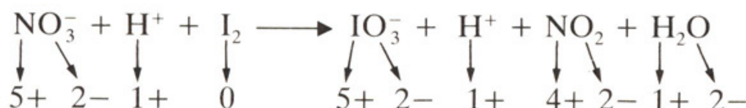
1. Ajustar por Ión-electrón:


$$HNO_3 + I_2 \longrightarrow HIO_3 + NO_2 + H_2O$$

I. Descomposición en iones:


$$NO_3^- + H^+ + I_2 \longrightarrow IO_3^- + H^+ + NO_2 + H_2O$$

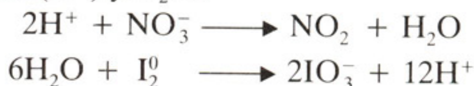
II. Números de oxidación:



III. Cambian su número de oxidación el **nitrógeno** y el **yodo**

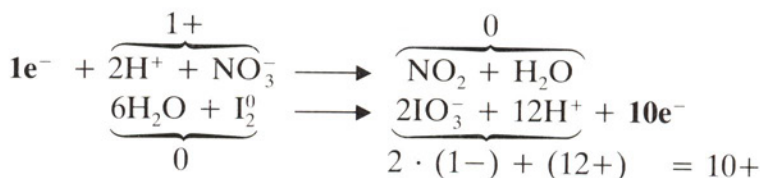

Ecuaciones Redox $\begin{cases} NO_3^- \longrightarrow NO_2 \\ I_2^0 \longrightarrow IO_3^- \end{cases}$

IV. Para igualar los átomos de yodo multiplicamos por **2** el ión (IO_3^-), y ajustamos con (H^+) y H_2O.



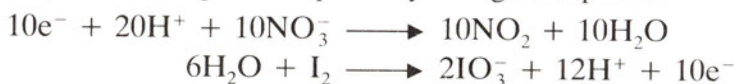
$$2H^+ + NO_3^- \longrightarrow NO_2 + H_2O$$
$$6H_2O + I_2^0 \longrightarrow 2IO_3^- + 12H^+$$

V. Sumamos electrones a ambos miembros:



$$\mathbf{1e^-} + \overbrace{2H^+ + NO_3^-}^{1+} \longrightarrow \overbrace{NO_2 + H_2O}^{0}$$
$$\underbrace{6H_2O + I_2^0}_{0} \longrightarrow \underbrace{2IO_3^- + 12H^+}_{2\cdot(1-)+(12+)\;=\;10+} + \mathbf{10e^-}$$

VI. Multiplicamos la primera por 10 y la segunda por 1.



$$10e^- + 20H^+ + 10NO_3^- \longrightarrow 10NO_2 + 10H_2O$$
$$6H_2O + I_2 \longrightarrow 2IO_3^- + 12H^+ + 10e^-$$

VII. Sumamos:



$$\cancel{10e^-} + \cancel{20H^+} + 10NO_3^- + \cancel{6H_2O} + I_2 \longrightarrow 10NO_2 + \cancel{10H_2O} + 2IO_3^- + \cancel{12H^+} + \cancel{10e^-}$$

VIII. Simplificamos:



$$8H^+ + 10NO_3^- + I_2 \longrightarrow 10NO_2 + 4H_2O + 2IO_3^-$$

Para transformar los $10NO_3^-$ en HNO_3, necesitamos $2H^+$ en el primer miembro, pues sólo hay $8H^+$.

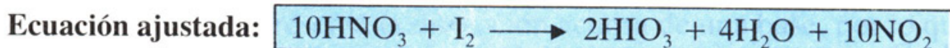
Para transformar los $2IO_3^-$ en HIO_3, necesitamos $2H^+$ en el segundo miembro, pues hay cero.

Por tanto, sumamos $2H^+$ a ambos miembros.



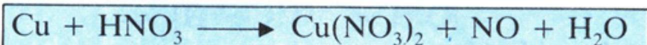
$$10H^+ + 10NO_3^- + I_2 \longrightarrow 10NO_2 + 4H_2O + 2IO_3^- + 2H^+$$

Ecuación ajustada:



$$10HNO_3 + I_2 \longrightarrow 2HIO_3 + 4H_2O + 10NO_2$$

2. Ajustar por Ión-electrón:



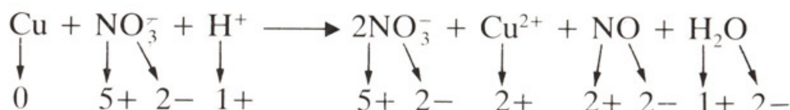
$$Cu + HNO_3 \longrightarrow Cu(NO_3)_2 + NO + H_2O$$

I. Descomponer en iones:



$$Cu + NO_3^- + H^+ \longrightarrow 2NO_3^- + Cu^{2+} + NO + H_2O$$

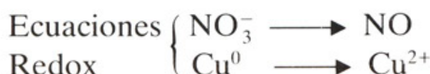
II. Números de oxidación:



$$Cu + NO_3^- + H^+ \longrightarrow 2NO_3^- + Cu^{2+} + NO + H_2O$$

Cu: 0; NO_3^-: 5+ 2−; H^+: 1+; $2NO_3^-$: 5+ 2−; Cu^{2+}: 2+; NO: 2+ 2−; H_2O: 1+ 2−

III. Cambian su número de oxidación el **cobre** y el **nitrógeno:**



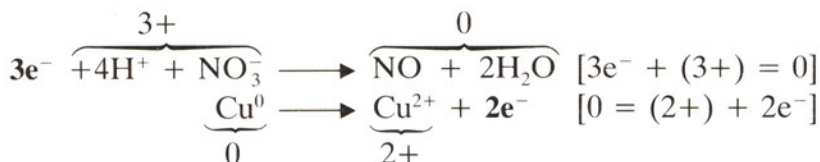
Ecuaciones Redox
$$\begin{cases} NO_3^- \longrightarrow NO \\ Cu^0 \longrightarrow Cu^{2+} \end{cases}$$

IV. Ajustamos con (H^+) y H_2O sólo la primera ecuación.



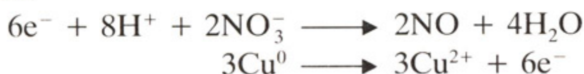
$$4H^+ + NO_3^- \longrightarrow NO + 2H_2O$$
$$Cu^0 \longrightarrow Cu^{2+}$$

V. Sumamos electrones:



$$\mathbf{3e^-} \overbrace{+4H^+ + NO_3^-}^{3+} \longrightarrow \overbrace{NO + 2H_2O}^{0} \quad [3e^- + (3+) = 0]$$
$$\underbrace{Cu^0}_{0} \longrightarrow \underbrace{Cu^{2+}}_{2+} + \mathbf{2e^-} \quad [0 = (2+) + 2e^-]$$

VI. Multiplicamos la primera por 2 y la segunda por 3, para igualar los electrones:



$$6e^- + 8H^+ + 2NO_3^- \longrightarrow 2NO + 4H_2O$$
$$3Cu^0 \longrightarrow 3Cu^{2+} + 6e^-$$

VII. Sumamos:



$$6e^- + 8H^+ + 2NO_3^- + 3Cu^0 \longrightarrow 2NO + 4H_2O + 3Cu^{2+} + 6e^-$$

Para transformar los $8H^+$ en HNO_3, necesitamos $8NO_3^-$ en el primer miembro y sólo hay $2NO_3^-$, faltan $6NO_3^-$.

Por tener $3Cu^{2+}$ en el segundo miembro, debemos formar $3Cu(NO_3)_2$, por tanto nos faltan también en el segundo miembro $6NO_3^-$, luego sumamos $6NO_3^-$ a ambos.

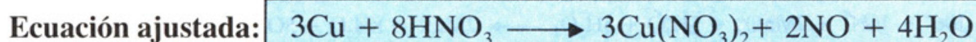
VIII.



$$8H^+ + 2NO_3^- + 6NO_3^- + 3Cu^0 \longrightarrow 6NO_3^- + 3Cu^{2+} + 4H_2O$$

IX. Recomponemos:

Ecuación ajustada:



$$3Cu + 8HNO_3 \longrightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

3. Ajustar por Ión-electrón*:

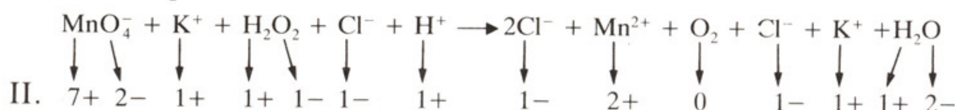


$$KMnO_4 + H_2O_2 + HCl \longrightarrow MnCl_2 + O_2 + KCl + H_2O$$

---

* Esta ecuación **no podía** ajustarse por Coeficientes moleculares. (Ver página 82.)

I. Descomponer en iones:



$$MnO_4^- + K^+ + H_2O_2 + Cl^- + H^+ \longrightarrow 2Cl^- + Mn^{2+} + O_2 + Cl^- + K^+ + H_2O$$

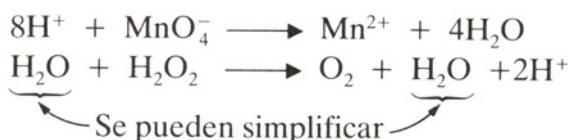
II. 7+ 2− 1+ 1+ 1− 1− 1+ 1− 2+ 0 1− 1+ 1+ 2−

III. Hay cambio en el número de oxidación del **Mn,** y un **doble** cambio en el **oxígeno** [0, y (2−)]



$$MnO_4^- \longrightarrow Mn^{2+}$$
$$H_2O_2 \longrightarrow O_2 + H_2O$$

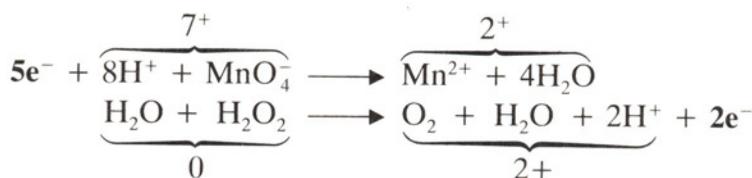
IV. Ajustamos con H_2O y (H^+)



$$8H^+ + MnO_4^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$$
$$H_2O + H_2O_2 \longrightarrow O_2 + H_2O + 2H^+$$

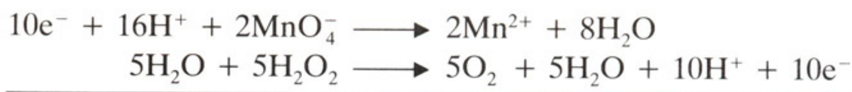
Se pueden simplificar

V. Sumamos electrones a ambos miembros:



$$\mathbf{5e^-} + \overbrace{8H^+ + MnO_4^-}^{7^+} \longrightarrow \overbrace{Mn^{2+} + 4H_2O}^{2^+}$$
$$\underbrace{H_2O + H_2O_2}_{0} \longrightarrow \underbrace{O_2 + H_2O + 2H^+}_{2+} + \mathbf{2e^-}$$

VI. Multiplicamos la primera por 2 y la segunda por 5:



$$10e^- + 16H^+ + 2MnO_4^- \longrightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O$$
$$5H_2O + 5H_2O_2 \longrightarrow 5O_2 + 5H_2O + 10H^+ + 10e^-$$

VII. Sumamos:



$$\cancel{10e^-} + \cancel{16H^+} + 2MnO_4^- + \cancel{5H_2O} + 5H_2O_2 \longrightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O + 5O_2 + \cancel{5H_2O} + \cancel{10H^+} + \cancel{10e^-}$$

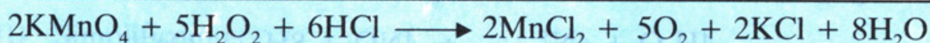
VIII. Simplificamos:



$$6H^+ + 2MnO_4^- + 5H_2O_2 \longrightarrow 2Mn^+ + 8H_2O + 5O_2$$

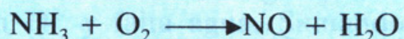
Nos falta por determinar los coeficientes del HCl y del KCl.
Por haber $6H^+$ en el primer miembro, deben resultar **6HCl.**
Por haber $2MnO_4^-$ en el primer miembro, deben resultar **$2KMnO_4$,** por lo que en el segundo miembro tendrá que haber también 2K en forma de **2KCl.**

Ecuación ajustada:*



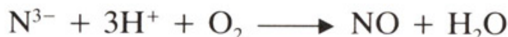
$$2KMnO_4 + 5H_2O_2 + 6HCl \longrightarrow 2MnCl_2 + 5O_2 + 2KCl + 8H_2O$$

4. Ajustar por Ión-electrón:



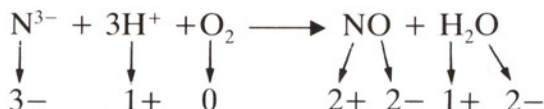
$$NH_3 + O_2 \longrightarrow NO + H_2O$$

I. Descomponer en iones:



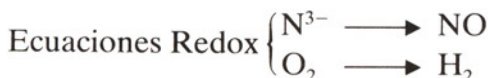
$$N^{3-} + 3H^+ + O_2 \longrightarrow NO + H_2O$$

II. Números de oxidación:



$$\underset{3-}{N^{3-}} + \underset{1+}{3H^+} + \underset{0}{O_2} \longrightarrow \underset{2+\ 2-}{NO} + \underset{1+\ 2-}{H_2O}$$

III. Cambian su número de oxidación el **nitrógeno** y el **oxígeno****:



$$\text{Ecuaciones Redox}\begin{cases} N^{3-} \longrightarrow NO \\ O_2 \longrightarrow H_2 \end{cases}$$

IV. Ajustamos con (H^+) y H_2O, por suponer la reacción en medio ácido (debido al NH_3).

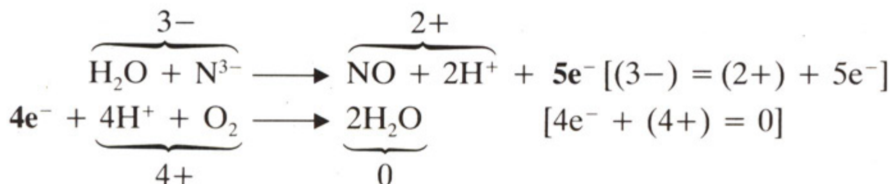


$$H_2O + N^{3-} \longrightarrow NO + 2H^+$$



$$4H^+ + O_2 \longrightarrow H_2O + H_2O^{***}$$

V. Sumamos electrones.



$$\overbrace{H_2O + N^{3-}}^{3-} \longrightarrow \overbrace{NO + 2H^+}^{2+} + \mathbf{5e^-}\ [(3-) = (2+) + 5e^-]$$

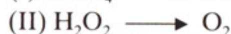
$$\mathbf{4e^-} + \underbrace{4H^+ + O_2}_{4+} \longrightarrow \underbrace{2H_2O}_{0} \qquad [4e^- + (4+) = 0]$$

---

* Esta ecuación también queda ajustada tomando:



(I) $MnO_4^- \longrightarrow Mn^{2+}$



(II) $H_2O_2 \longrightarrow O_2$

puesto que en (I) se ajustaría el cambio de oxígeno en el H_2O (2−), y en (II), el cambio de oxígeno en el O_2 (cero).
En la ecuación redox $H_2O_2 \longrightarrow O_2 + H_2O$ no se ajusta el cambio en el H_2O (2−), puesto que el agua no influye en el ajuste, ya que aparecen igual número de moléculas a la izquierda y a la derecha.

** La primera ecuación ya incluye al NO.

*** Hemos sumado $4H^+$ en el primer miembro por haber $2H_2O$ en el segundo.

VI. Multiplicamos la primera ecuación por 4 y la segunda por 5 para igualar el número de electrones.



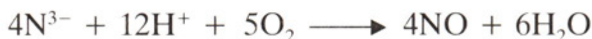
$$4H_2O + 4N^{3-} \longrightarrow 4NO + 8H^+ + 20e^-$$
$$20e^- + 20H^+ + 5O_2 \longrightarrow 10H_2O$$

VII. Sumamos:



$$\cancel{4}\cancel{H}_2O + 4N^{3-} + \cancel{20}e^- + \cancel{20}H^+ \longrightarrow 4NO + \cancel{8}\cancel{H}^+ + \cancel{20}\cancel{e}^- + \cancel{10}\cancel{H}_2O$$

VIII. Simplificamos:



$$4N^{3-} + 12H^+ + 5O_2 \longrightarrow 4NO + 6H_2O$$

IX. Recomponemos:

Ecuación ajustada:



$$4NH_3 + 5O_2 \longrightarrow 4NO + 6H_2O$$

5. Ajustar por Ión-electrón, la ecuación **iónica** (todos los reactivos y productos son iones) siguiente:



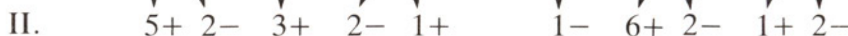
$$ClO_3^- + Cr^{3+} + OH^- \longrightarrow Cl^- + CrO_4^{2-} + H_2O$$

I.



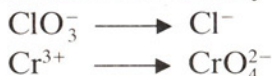
$$ClO_3^- + Cr^{3+} + OH^- \longrightarrow Cl^- + CrO_4^{2-} + H_2O$$

II.



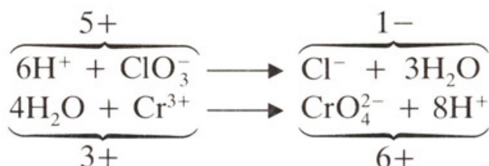
5+ 2− 3+ 2− 1+ 1− 6+ 2− 1+ 2−

III. Cambian su número de oxidación el **Cl** y el **Cr:**



$$ClO_3^- \longrightarrow Cl^-$$
$$Cr^{3+} \longrightarrow CrO_4^{2-}$$

IV y V.



$$\overbrace{6H^+ + ClO_3^-}^{5+} \longrightarrow \overbrace{Cl^- + 3H_2O}^{1-}$$
$$\underbrace{4H_2O + Cr^{3+}}_{3+} \longrightarrow \underbrace{CrO_4^{2-} + 8H^+}_{6+}$$



$$\mathbf{6e^-} + 6H^+ + ClO_3^- \longrightarrow Cl^- + 3H_2O$$
$$4H_2O + Cr^{3+} \longrightarrow CrO_4^{2-} + 8H^+ + \mathbf{3e^-}$$

VI. Multiplicamos la primera por 1 y la segunda por 2.



$$\mathbf{6e^-} + 6H^+ + ClO_3^- \longrightarrow Cl^- + 3H_2O$$
$$8H_2O + 2Cr^{3+} \longrightarrow 2CrO_4^{2-} + 16H^+ + 6e^-$$

VII. Sumamos:



$$\cancel{6e^-} + \cancel{6H^+} + ClO_3^- + \cancel{8H_2O} + 2Cr^{3+} \longrightarrow Cl^- + \cancel{3H_2O} + 2CrO_4^{2-} + 16H^+ + \cancel{6e^-}$$

VIII. Simplificamos:



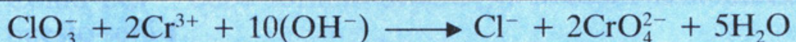
$$ClO_3^- + 5H_2O + 2Cr^{3+} \longrightarrow Cl^- + 2CrO_4^{2-} + 10H^+$$

En el primer miembro nos sobra agua y nos faltan (OH^-), y en el segundo sobran H^+ y falta **agua.** Sumando a ambos miembros $10(OH^-)$ estos problemas quedan resueltos, ya que $[10H^+ + 10(OH^-) = 10H_2O]$. Por estar presente el ión (OH^-), la reacción tiene lugar en medio BÁSICO.



$$10(OH^-) + ClO_3^- + 5H_2O + 2Cr^{3+} \longrightarrow Cl^- + 2CrO_4^{2-} + \underbrace{10H^+ + 10(OH^-)}_{10H_2O}$$

Ecuación ajustada:



$$ClO_3^- + 2Cr^{3+} + 10(OH^-) \longrightarrow Cl^- + 2CrO_4^{2-} + 5H_2O$$

Las ecuaciones iónicas representan cualquier reacción en la que intervengan los iones de la ecuación; así la ecuación ajustada anteriormente podría reflejar uno de los siguientes procesos:



$$KClO_3 + 2CrCl_3 + 10KOH \longrightarrow \mathbf{7}KCl + 2K_2CrO_4 + 5H_2O$$



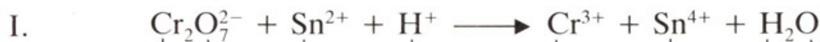
$$NaClO_3 + 2CrCl_3 + 10NaOH \longrightarrow \mathbf{7}NaCl + 2Na_2CrO_4 + 5H_2O$$

El coeficiente **7** del KCl, no puede obtenerse por el método del ión-electrón, ya que el número de oxidación del cloro sólo cambia en el $KClO_3$ (ClO_3^-), pero no en el $CrCl_3(Cr^{3+})$

6. Ajustar por Ión-electrón:



$$Cr_2O_7^{2-} + Sn^{2+} + H^+ \longrightarrow Cr^{3+} + Sn^{4+} + H_2O$$



I. $Cr_2O_7^{2-} + Sn^{2+} + H^+ \longrightarrow Cr^{3+} + Sn^{4+} + H_2O$



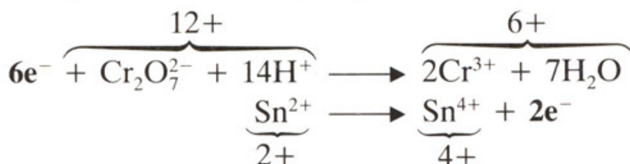
II. 6+ 2− 2+ 1+ 3+ 4+ 1+ 2−



III. $Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow Cr^{3+}$

$Sn^{2+} \longrightarrow Sn^{4+}$

IV. Para igualar los iones cromo, multiplicamos por 2 el ión Cr^{3+}. Los oxígenos los igualamos con H^+ y H_2O.



$$\mathbf{6e^-} + \overbrace{Cr_2O_7^{2-} + 14H^+}^{12+} \longrightarrow \overbrace{2Cr^{3+} + 7H_2O}^{6+}$$

$$\underbrace{Sn^{2+}}_{2+} \longrightarrow \underbrace{Sn^{4+}}_{4+} + \mathbf{2e^-}$$



$$\text{por } 1 \longrightarrow 6e^- + Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

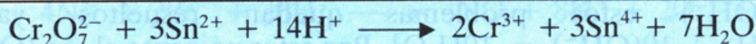


$$\text{por } 3 \longrightarrow 3Sn^{2+} \longrightarrow 3Sn^{4+} + 6e^-$$



$$\cancel{6e^-} + Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 3Sn^{2+} \longrightarrow 3Sn^{4+} + 2Cr^{3+} + 7H_2O + \cancel{6e^-}$$

Ecuación ajustada:



$$Cr_2O_7^{2-} + 3Sn^{2+} + 14H^+ \longrightarrow 2Cr^{3+} + 3Sn^{4+} + 7H_2O$$

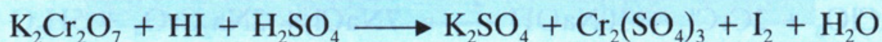
Esta ecuación iónica podría representar el proceso:



$$K_2Cr_2O_7 + 3SnCl_2 + 14HCl \longrightarrow 2CrCl_3 + 3SnCl_4 + 7H_2O + \mathbf{2KCl}$$

El KCl (2KCl) no aparece en la ecuación primitiva a ajustar, porque el cloro no cambia su número de oxidación.

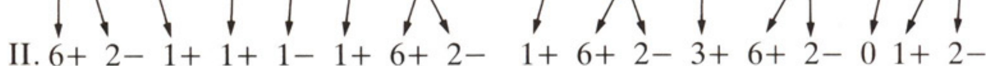
7. Ajustar por Ión-electrón:



$$K_2Cr_2O_7 + HI + H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + I_2 + H_2O$$



I. $Cr_2O_7^{2-} + 2K^+ + H^+ + I^- + 2H^+ + SO_4^{2-} \longrightarrow 2K^+ + SO_4^{2-} + 2Cr^{3+} + 3SO_4^{2-} + I_2 + H_2O$



II. 6+ 2− 1+ 1+ 1− 1+ 6+ 2− 1+ 6+ 2− 3+ 6+ 2− 0 1+ 2−

III. Cambian su número de oxidación el **cromo** y el **yodo.**



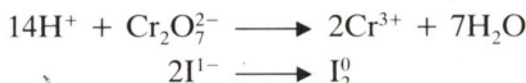
$$Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow Cr^{3+}$$
$$I^{1-} \longrightarrow I_2^0$$

IV. Para ajustar el **cromo** y el **yodo,** multiplicamos los iones Cr^{3+} y I^{1-} por 2.



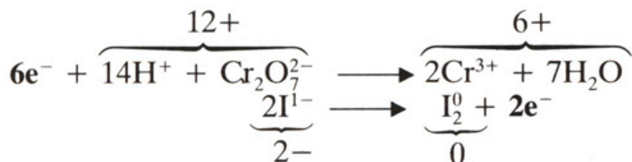
$$Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow 2Cr^{3+}$$
$$2I^{1-} \longrightarrow I_2^0$$

Ajustamos el oxígeno con H_2O y H^+.



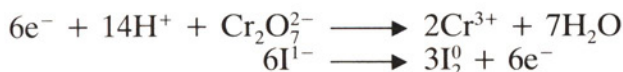
$$14H^+ + Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$$
$$2I^{1-} \longrightarrow I_2^0$$

V. Sumamos electrones:



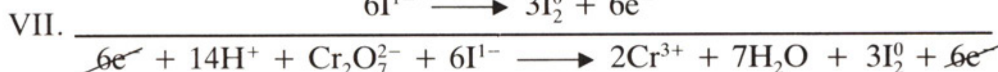
$$\overbrace{}^{12+} \qquad\qquad \overbrace{}^{6+}$$
$$\mathbf{6e^-} + 14H^+ + Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$$
$$\underbrace{2I^{1-}}_{2-} \longrightarrow \underbrace{I_2^0}_{0} + \mathbf{2e^-}$$

VI. Multiplicamos la primera por **1** y la segunda por **3**:



$$6e^- + 14H^+ + Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$$
$$6I^{1-} \longrightarrow 3I_2^0 + 6e^-$$

VII.



$$\cancel{6e^-} + 14H^+ + Cr_2O_7^{2-} + 6I^{1-} \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O + 3I_2^0 + \cancel{6e^-}$$

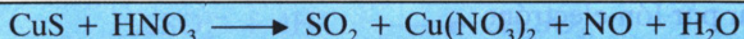
VIII. Como $2Cr^{3+}$ debe formar $Cr_2(SO_4)_3$, el coeficiente de este compuesto será **1.**
De los $14H^+$ que tenemos, 6 de ellos deben unirse a $6I^{1-}$ para formar **HI,** y el resto (8), tienen que formar H_2SO_4, por lo que resultará $4H_2SO_4$:

Ecuación ajustada:

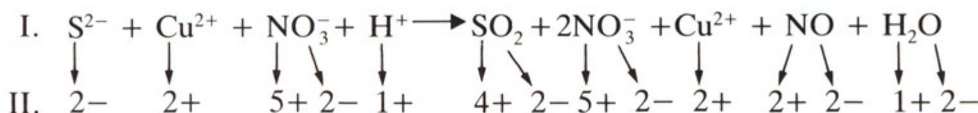


$$K_2Cr_2O_7 + 6HI + 4H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 3I_2 + 7H_2O$$

8. Ajustar por Ión-electrón:



$$CuS + HNO_3 \longrightarrow SO_2 + Cu(NO_3)_2 + NO + H_2O$$



I. $S^{2-} + Cu^{2+} + NO_3^- + H^+ \longrightarrow SO_2 + 2NO_3^- + Cu^{2+} + NO + H_2O$

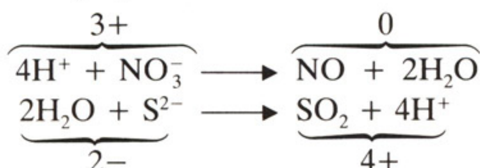
II. 2− 2+ 5+ 2− 1+ 4+ 2− 5+ 2− 2+ 2+ 2− 1+ 2−

III. Hay cambio en el número de oxidación del **azufre** y del **nitrógeno.**



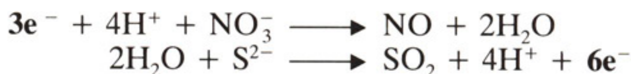
$$NO_3^- \longrightarrow NO$$
$$S^{2-} \longrightarrow SO_2$$

IV. Ajustamos con el H_2O y H^+.



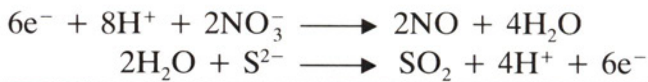
$$\overbrace{4H^+ + NO_3^-}^{3+} \longrightarrow \overbrace{NO + 2H_2O}^{0}$$
$$\underbrace{2H_2O + S^{2-}}_{2-} \longrightarrow \underbrace{SO_2 + 4H^+}_{4+}$$

V. Sumamos electrones:



$$\mathbf{3e^-} + 4H^+ + NO_3^- \longrightarrow NO + 2H_2O$$
$$2H_2O + S^{2-} \longrightarrow SO_2 + 4H^+ + \mathbf{6e^-}$$

VI. Multiplicamos la primera por **2** y la segunda por **1.**



$$6e^- + 8H^+ + 2NO_3^- \longrightarrow 2NO + 4H_2O$$
$$2H_2O + S^{2-} \longrightarrow SO_2 + 4H^+ + 6e^-$$

VII. Sumamos:



$$\cancel{6e^-} + \cancel{8H^+} + 2NO_3^- + \cancel{2H_2O} + S^{2-} \longrightarrow 2NO + \cancel{4H_2O} + SO_2 + \cancel{4H^+} + \cancel{6e^-}$$

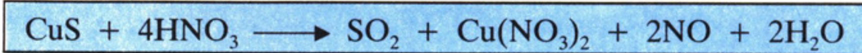
VIII. Simplificamos:



$$4H^+ + 2NO_3^- + S^{2-} \longrightarrow 2NO + 2H_2O + SO_2$$

Por haber obtenido S^{2-}, el coeficiente del CuS será 1. Al tener un cobre en el primer miembro, en el segundo tendremos $1Cu(NO_3)_2$, faltan por tanto $2NO_3^-$.
Al primer miembro también le faltan $2NO_3^-$ para transformar los $4H^+$ en $4HNO_3$; sumando a ambos $2NO_3$ obtenemos la ecuación ajustada.

Ecuación ajustada:

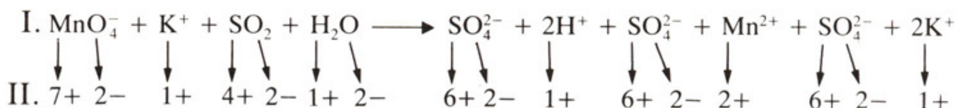


$$CuS + 4HNO_3 \longrightarrow SO_2 + Cu(NO_3)_2 + 2NO + 2H_2O$$

9. Ajustar por Ión-electrón:



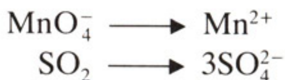
$$KMnO_4 + SO_2 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4 + MnSO_4 + K_2SO_4$$



I. $MnO_4^- + K^+ + SO_2 + H_2O \longrightarrow SO_4^{2-} + 2H^+ + SO_4^{2-} + Mn^{2+} + SO_4^{2-} + 2K^+$

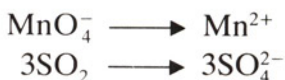
II. 7+ 2− 1+ 4+ 2− 1+ 2− 6+ 2− 1+ 6+ 2− 2+ 6+ 2− 1+

III. Cambia el número de oxidación del **manganeso** y del **azufre** (en los 3 iones SO_4^{2-})



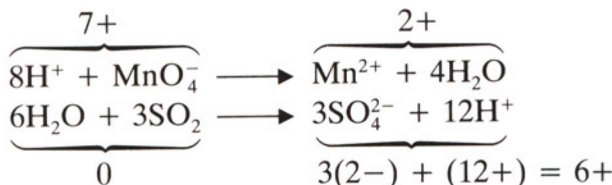
$$MnO_4^- \longrightarrow Mn^{2+}$$
$$SO_2 \longrightarrow 3SO_4^{2-}$$

[El (SO_2) lo multiplicaremos por **3** para igualar el azufre]



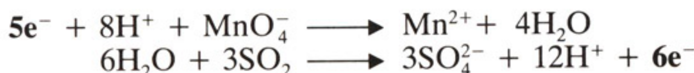
$$MnO_4^- \longrightarrow Mn^{2+}$$
$$3SO_2 \longrightarrow 3SO_4^{2-}$$

IV. Ajustamos con el H_2O y H^+:



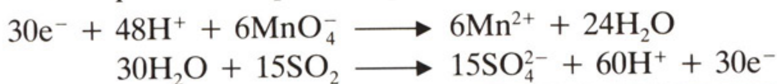
$$\underbrace{8H^+ + MnO_4^-}_{7+} \longrightarrow \underbrace{Mn^{2+} + 4H_2O}_{2+}$$
$$\underbrace{6H_2O + 3SO_2}_{0} \longrightarrow \underbrace{3SO_4^{2-} + 12H^+}_{3(2-) + (12+) = 6+}$$

V. Sumamos electrones:



$$\mathbf{5e^-} + 8H^+ + MnO_4^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$$
$$6H_2O + 3SO_2 \longrightarrow 3SO_4^{2-} + 12H^+ + \mathbf{6e^-}$$

VI. Multiplicamos la primera por **6** y la segunda por **5**:



$$30e^- + 48H^+ + 6MnO_4^- \longrightarrow 6Mn^{2+} + 24H_2O$$
$$30H_2O + 15SO_2 \longrightarrow 15SO_4^{2-} + 60H^+ + 30e^-$$

VII. Sumamos:



$$30e^- + 48H^+ + 6MnO_4^- + 30H_2O + 15SO_2 \longrightarrow 6Mn^{2+} + 24H_2O + 15SO_4^{2-} + 60H^+ + 30e^-$$

VIII. Simplificamos:



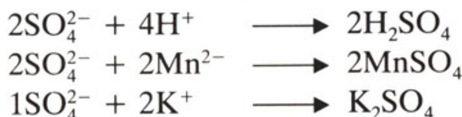
$$6MnO_4^- + 6H_2O + 15SO_2 \longrightarrow 15SO_4^{2-} + 12H^+ + 6Mn^{2+}$$

Dividimos toda la ecuación por **3**:



$$2MnO_4^- + 2H_2O + 5SO_2 \longrightarrow 5SO_4^{2-} + 4H^+ + 2Mn^{2+}$$

Los $5SO_4^{2-}$ del segundo miembro se repartirán así:



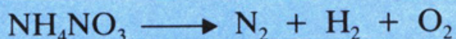
$$2SO_4^{2-} + 4H^+ \longrightarrow 2H_2SO_4$$
$$2SO_4^{2-} + 2Mn^{2-} \longrightarrow 2MnSO_4$$
$$1SO_4^{2-} + 2K^+ \longrightarrow K_2SO_4$$

Ecuación ajustada:



$$2KMnO_4 + 5SO_2 + 2H_2O \longrightarrow 2H_2SO_4 + 2MnSO_4 + K_2SO_4$$

10. Ajustar por Ión-electrón:



$$NH_4NO_3 \longrightarrow N_2 + H_2 + O_2$$

I.



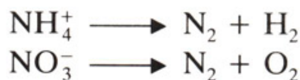
$$NH_4^+ + NO_3^- \longrightarrow N_2 + H_2 + O_2$$

II.



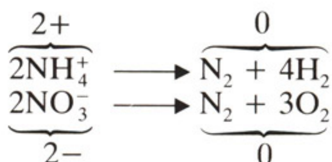
$$3- \quad 1+ \quad 5+ \quad 2- \qquad 0 \qquad 0 \qquad 0$$

III. Cambian su número de oxidación el **hidrógeno**, el **oxígeno**, y el **nitrógeno** (doble cambio).



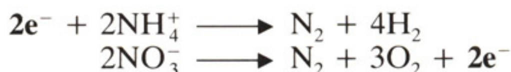
$$NH_4^+ \longrightarrow N_2 + H_2$$
$$NO_3^- \longrightarrow N_2 + O_2$$

IV. Igualaremos atómicamente como caso excepcional, multiplicando el (NO_3^-) por **2** y el (O_2) por **3** en la segunda ecuación, y en la primera el (NH^+) por **2** y el (H_2) por **4.**



$$\overbrace{2NH_4^+}^{2+} \longrightarrow \overbrace{N_2 + 4H_2}^{0}$$
$$\underbrace{2NO_3^-}_{2-} \longrightarrow \underbrace{N_2 + 3O_2}_{0}$$

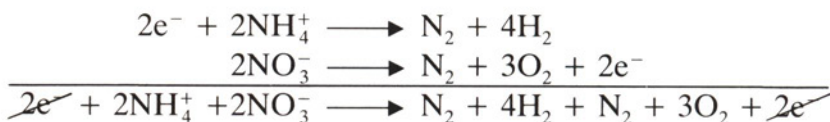
V. Sumamos electrones:



$$\mathbf{2e^-} + 2NH_4^+ \longrightarrow N_2 + 4H_2$$
$$2NO_3^- \longrightarrow N_2 + 3O_2 + \mathbf{2e^-}$$

VI. No es necesario multiplicar las ecuaciones.

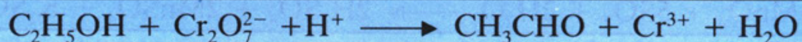
VII. Sumamos:



$$2e^- + 2NH_4^+ \longrightarrow N_2 + 4H_2$$
$$2NO_3^- \longrightarrow N_2 + 3O_2 + 2e^-$$
$$\cancel{2e^-} + 2NH_4^+ + 2NO_3^- \longrightarrow N_2 + 4H_2 + N_2 + 3O_2 + \cancel{2e^-}$$

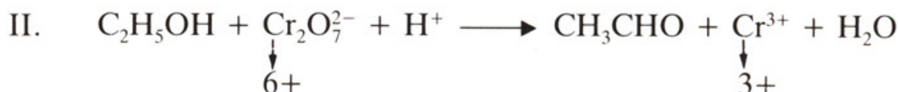
Ecuación ajustada: $2NH_4NO_3 \longrightarrow 2N_2 + 4H_2 + 3O_2$

11. Ajustar por Ión-electrón:



$$C_2H_5OH + Cr_2O_7^{2-} + H^+ \longrightarrow CH_3CHO + Cr^{3+} + H_2O$$

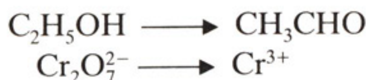
I. Los compuestos orgánicos son **covalentes** (no iónicos), por lo que no se disocian en iones (C_2H_5OH, CH_3CHO)*.



II. $C_2H_5OH + \underset{6+}{Cr_2}O_7^{2-} + H^+ \longrightarrow CH_3CHO + \underset{3+}{Cr^{3+}} + H_2O$

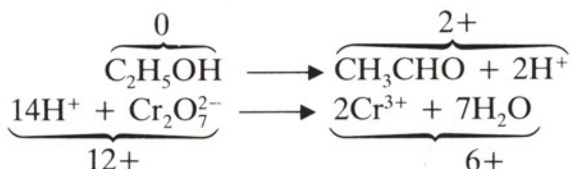
* El carbono en los compuestos orgánicos no cambia su número de oxidación.

III. Las transferencias de electrones se producen entre los compuestos orgánicos y los iones **cromo.**



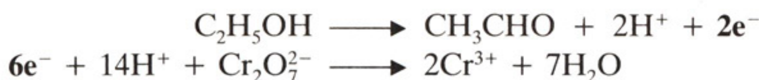
$$C_2H_5OH \longrightarrow CH_3CHO$$
$$Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow Cr^{3+}$$

IV. Ajustaremos con (H^+ y H_2O), y el ión (Cr^{3+}) lo multiplicaremos por **2.**



$$\overbrace{C_2H_5OH}^{0} \longrightarrow \overbrace{CH_3CHO + 2H^+}^{2+}$$
$$\underbrace{14H^+ + Cr_2O_7^{2-}}_{12+} \longrightarrow \underbrace{2Cr^{3+} + 7H_2O}_{6+}$$

V. Sumamos electrones:

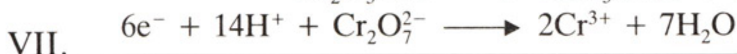


$$C_2H_5OH \longrightarrow CH_3CHO + 2H^+ + \mathbf{2e^-}$$
$$\mathbf{6e^-} + 14H^+ + Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

VI. Multiplicamos la primera por **3** y la segunda por **1.**



$$3C_2H_5OH \longrightarrow 3CH_3CHO + 6H^+ + 6e^-$$



VII. $$6e^- + 14H^+ + Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$$



$$3C_2H_5OH + \cancel{6e^-} + \cancel{14}H^+ + Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow 3CH_3CHO + \cancel{6H^+} + \cancel{6e^-} + 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

Ecuación ajustada:



$$3C_2H_5OH + Cr_2O_7^{2-} + 8H^+ \longrightarrow 3CH_3CHO + 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

12. Ajustar la ecuación:



$$Zn + NaNO_3 + NaOH \longrightarrow NH_3 + Na_2ZnO_2 + H_2O$$



I. $Zn + Na^+ + NO_3^- + Na^+ + OH^- \longrightarrow NH_3 + 2Na^+ + ZnO_2^{2-} + H_2O$



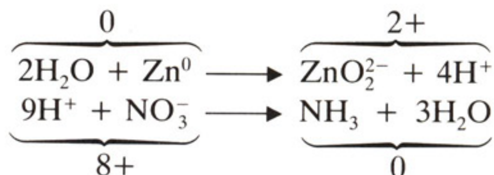
II. 0 (Zn) — 5+ (NO_3^-) — 3+ (NH_3) — 2+ (ZnO_2^{2-})

III. Cambian su número de oxidación el **cinc** y el **nitrógeno:**



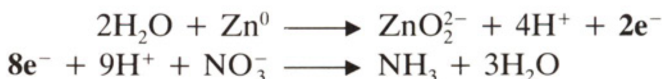
$$Zn^0 \longrightarrow ZnO_2^{2-}$$
$$NO_3^- \longrightarrow NH_3$$

IV. Ajustamos con H_2O y H^+:



$$\overbrace{2H_2O + Zn^0}^{0} \longrightarrow \overbrace{ZnO_2^{2-} + 4H^+}^{2+}$$
$$\underbrace{9H^+ + NO_3^-}_{8+} \longrightarrow \underbrace{NH_3 + 3H_2O}_{0}$$

V. Sumamos electrones:



$$2H_2O + Zn^0 \longrightarrow ZnO_2^{2-} + 4H^+ + \mathbf{2e^-}$$
$$\mathbf{8e^-} + 9H^+ + NO_3^- \longrightarrow NH_3 + 3H_2O$$

VI. Multiplicamos la primera por **4** y la segunda por **1**:



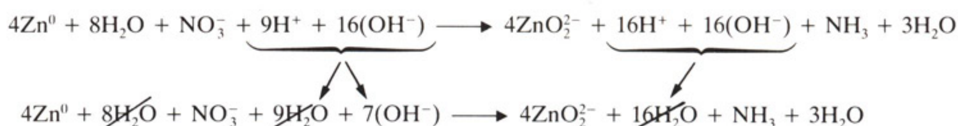
$$4Zn^0 + 8H_2O \longrightarrow 4ZnO_2^{2-} + 16H^+ + 8e^-$$
$$8e^- + NO_3^- + 9H^+ \longrightarrow NH_3 + 3H_2O$$

VII. Sumamos:



$$4Zn^0 + 8H_2O + \cancel{8e^-} + NO_3^- + 9H^+ \longrightarrow 4ZnO_2^{2-} + 16H^+ + \cancel{8e^-} + NH_3 + 3H_2O$$

VIII. En el primer miembro faltan grupos (OH^-) y en el segundo sobran (H^+); para transformar los protones en H_2O sumamos a ambos miembros $10(HO^-)$, puesto que la reacción tiene lugar en medio **básico**, ya que está presente el Na(OH).



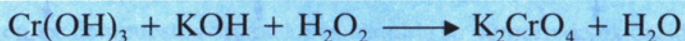
$$4Zn^0 + 8H_2O + NO_3^- + \underbrace{9H^+ + 16(OH^-)} \longrightarrow 4ZnO_2^{2-} + \underbrace{16H^+ + 16(OH^-)} + NH_3 + 3H_2O$$
$$4Zn^0 + \cancel{8H_2O} + NO_3^- + \cancel{9H_2O} + 7(OH^-) \longrightarrow 4ZnO_2^{2-} + \cancel{16H_2O} + NH_3 + 3H_2O$$

Ecuación ajustada:

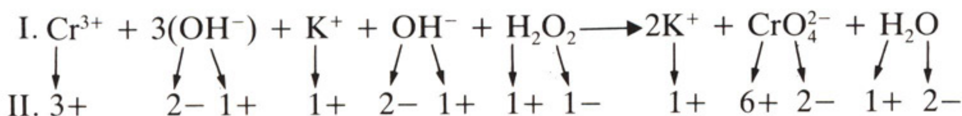


$$4Zn + NaNO_3 + 7NaOH \longrightarrow NH_3 + 4Na_2ZnO_2 + 2H_2O$$

13. Ajustar por Ión-electrón:



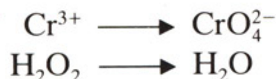
$$Cr(OH)_3 + KOH + H_2O_2 \longrightarrow K_2CrO_4 + H_2O$$



I. $Cr^{3+} + 3(OH^-) + K^+ + OH^- + H_2O_2 \longrightarrow 2K^+ + CrO_4^{2-} + H_2O$

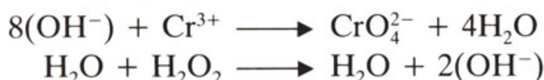
II. 3+   2− 1+   1+   2− 1+   1+ 1−   1+   6+ 2−   1+ 2−

III. Cambian su número de oxidación el **cromo** y el **oxígeno** en H_2O_2.



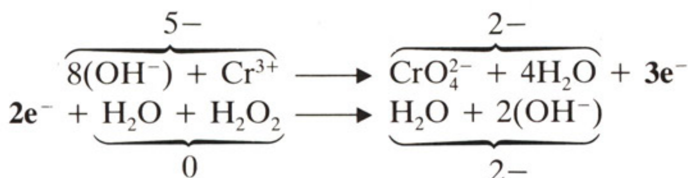
$$Cr^{3+} \longrightarrow CrO_4^{2-}$$
$$H_2O_2 \longrightarrow H_2O$$

IV. La reacción tiene lugar en medio **básico,** por lo que el oxígeno lo ajustamos con H_2O y OH^-.



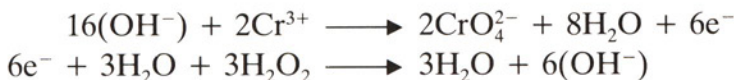
$$8(OH^-) + Cr^{3+} \longrightarrow CrO_4^{2-} + 4H_2O$$
$$H_2O + H_2O_2 \longrightarrow H_2O + 2(OH^-)$$

V. Sumamos electrones:



$$\overbrace{8(OH^-) + Cr^{3+}}^{5-} \longrightarrow \overbrace{CrO_4^{2-} + 4H_2O}^{2-} + \mathbf{3e^-}$$
$$\mathbf{2e^-} + \underbrace{H_2O + H_2O_2}_{0} \longrightarrow \underbrace{H_2O + 2(OH^-)}_{2-}$$

VI. Multiplicamos la primera por **2,** y la segunda por **3.**



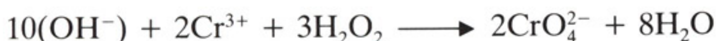
$$16(OH^-) + 2Cr^{3+} \longrightarrow 2CrO_4^{2-} + 8H_2O + 6e^-$$
$$6e^- + 3H_2O + 3H_2O_2 \longrightarrow 3H_2O + 6(OH^-)$$

VII.



$$\cancel{6e^-} + 16(\cancel{OH^-}) + 2Cr^{3+} + 3H_2O + 3H_2O_2 \longrightarrow 2CrO_4^{2-} + 8H_2O + 3\cancel{H_2O} + 6(\cancel{OH^-}) + \cancel{6e^-}$$

VIII.

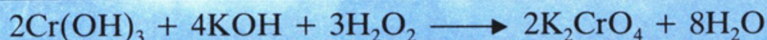


$$10(OH^-) + 2Cr^{3+} + 3H_2O_2 \longrightarrow 2CrO_4^{2-} + 8H_2O$$

Los $2Cr^{3+}$ procederán de $2Cr(OH)_3$ que contienen $6(OH^-)$, como resultan 10 (OH^-), los cuatro restantes provienen de 4KOH.

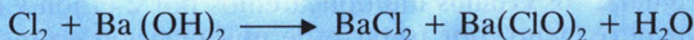
IX. Recomponemos:

Ecuación ajustada:

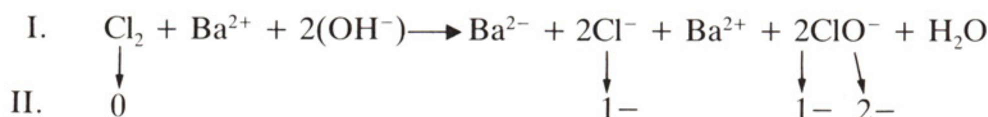


$$2Cr(OH)_3 + 4KOH + 3H_2O_2 \longrightarrow 2K_2CrO_4 + 8H_2O$$

14. Ajustar por Ión-electrón:



$$Cl_2 + Ba(OH)_2 \longrightarrow BaCl_2 + Ba(ClO)_2 + H_2O$$



$$\text{I.}\quad Cl_2 + Ba^{2+} + 2(OH^-) \longrightarrow Ba^{2-} + 2Cl^- + Ba^{2+} + 2ClO^- + H_2O$$

$$\text{II.}\quad 0 \qquad 1- \qquad 1- \quad 2-$$

III. Sólo cambia su número de oxidación el **cloro:**



$$Cl_2^0 \longrightarrow 2Cl^- + 2ClO^-$$

IV. Para ajustar el cloro multiplicamos por 2 el Cl_2^0:

$$2Cl_2 \longrightarrow 2Cl^- + 2ClO^-$$

La reacción tiene lugar en medio **básico,** por lo que ajustamos con H_2O y OH^-



$$4(OH^-) + 2Cl_2 \longrightarrow 2Cl^- + 2ClO^- + 2H_2O$$

Los $4(OH^-)$ procederán de 2 $Ba(OH)_2$.

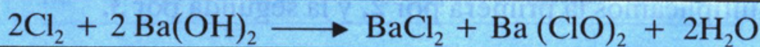


Los $2Cl^-$ originarán 1 $BaCl_2$.

Los $2ClO^-$ originarán 1 $Ba(ClO)_2$.

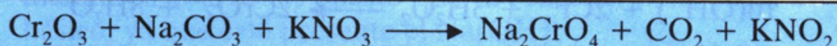
IX. Recomponemos:

Ecuación ajustada:

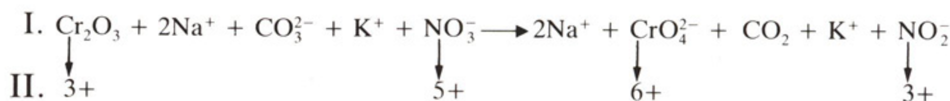


$$2Cl_2 + 2\,Ba(OH)_2 \longrightarrow BaCl_2 + Ba\,(ClO)_2 + 2H_2O$$

15. Ajustar por Ión-electrón:



$$Cr_2O_3 + Na_2CO_3 + KNO_3 \longrightarrow Na_2CrO_4 + CO_2 + KNO_2$$



$$\text{I.}\quad Cr_2O_3 + 2Na^+ + CO_3^{2-} + K^+ + NO_3^- \longrightarrow 2Na^+ + CrO_4^{2-} + CO_2 + K^+ + NO_2^-$$

$$\text{II.}\quad 3+ \qquad 5+ \qquad 6+ \qquad 3+$$

III. Cambian su número de oxidación el **cromo** y el **nitrógeno:**



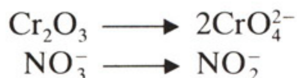
$$Cr_2O_3 \longrightarrow CrO_4^{2-}$$



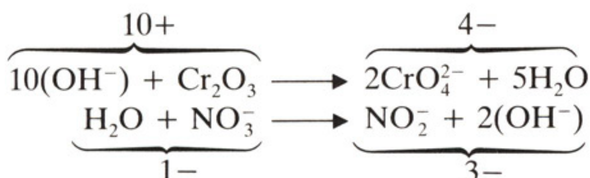
$$NO_3^- \longrightarrow NO_2^-$$

IV. Para igualar los **cromos** multiplicaremos por **2** el ión CrO_4^{2-}. Para igualar el oxígeno, por tratarse de una reacción en medio **básico**

(originado por los iones CO_3^{2-}), añadimos (OH^-) donde falte oxígeno y H_2O donde sea necesario hidrógeno. En este caso $10(OH^-)$ y $5H_2O$ en una ecuación, y $2(OH^-)$ y $1H_2O$ en la otra.

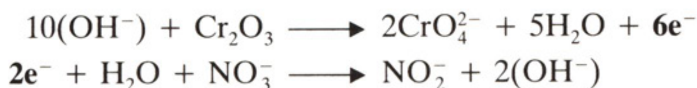


$$Cr_2O_3 \longrightarrow 2CrO_4^{2-}$$
$$NO_3^- \longrightarrow NO_2^-$$



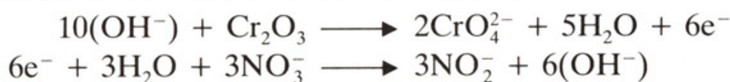
$$\overbrace{10(OH^-) + Cr_2O_3}^{10+} \longrightarrow \overbrace{2CrO_4^{2-} + 5H_2O}^{4-}$$
$$\underbrace{H_2O + NO_3^-}_{1-} \longrightarrow \underbrace{NO_2^- + 2(OH^-)}_{3-}$$

V. Sumamos electrones:



$$10(OH^-) + Cr_2O_3 \longrightarrow 2CrO_4^{2-} + 5H_2O + \mathbf{6e^-}$$
$$\mathbf{2e^-} + H_2O + NO_3^- \longrightarrow NO_2^- + 2(OH^-)$$

VI. Multiplicamos la segunda ecuación por **3**:



$$10(OH^-) + Cr_2O_3 \longrightarrow 2CrO_4^{2-} + 5H_2O + 6e^-$$
$$6e^- + 3H_2O + 3NO_3^- \longrightarrow 3NO_2^- + 6(OH^-)$$

VII. Sumamos:



$$10(\cancel{OH^-}) + Cr_2O_3 + \cancel{6e^-} + 3\cancel{H_2O} + 3NO_3^- \longrightarrow 2CrO_4^{2-} + 5\cancel{H_2O} + \cancel{6e^-} + 3NO_2^- + 6(\cancel{OH^-})$$

VIII. Simplificamos:



$$4(OH^-) + Cr_2O_3 + 3NO_3^- \longrightarrow 2CrO_4^{2-} + 2H_2O + 3NO_2^-$$

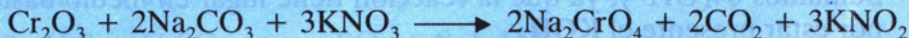
Recordando que en medio **básico** [$1CO_3^{2-} \longleftrightarrow 2(OH^-)$] resultará que los $4(OH^-) = 2CO_3^{2-}$ y por tanto:



$$2CO_3 + Cr_2O_3 + 3NO_3^- \longrightarrow 2CrO_4^{2-} + 2H_2O + 3NO_2^-$$

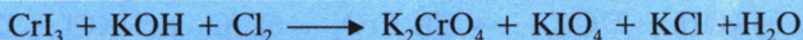
En el ajuste final, despreciamos los moles de H_2O y asignamos coeficiente **2** al CO_2.

Ecuación ajustada:

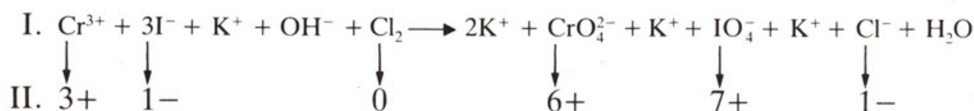


$$Cr_2O_3 + 2Na_2CO_3 + 3KNO_3 \longrightarrow 2Na_2CrO_4 + 2CO_2 + 3KNO_2$$

16. Ajustar por Ión-electrón:



$$CrI_3 + KOH + Cl_2 \longrightarrow K_2CrO_4 + KIO_4 + KCl + H_2O$$



I. $Cr^{3+} + 3I^- + K^+ + OH^- + Cl_2 \longrightarrow 2K^+ + CrO_4^{2-} + K^+ + IO_4^- + K^+ + Cl^- + H_2O$

II. $3+ \quad 1- \quad 0 \quad 6+ \quad 7+ \quad 1-$

III. Cambian su número de oxidación el **cromo,** el **yodo** y el **cloro.**



$$\left.\begin{array}{l} Cr^{3+} \longrightarrow CrO_4^{2-} \\ 3I^- \longrightarrow IO_4^- \\ Cl_2^0 \longrightarrow Cl^- \end{array}\right\} \text{Resultan 3 ecuaciones Redox.}$$

Excepcionalmente, hemos tomado $3I^-$ en lugar de I^- en la segunda ecuación.

IV. Igualaremos atómicamente:



$$4H_2O + Cr^{3+} \longrightarrow CrO_4^{2-} + 8H^+ \qquad \textbf{(a)}$$



$$12H_2O + 3I^- \longrightarrow 3IO_4^- + 24H^+ \qquad \textbf{(b)}$$



$$Cl_2^0 \longrightarrow 2Cl^- \qquad \textbf{(c)}$$

Hemos multiplicado por **3** el ión (IO_4^-), y por **2** el ión (Cl^-)

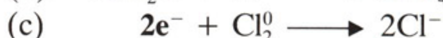
V. Sumamos electrones:



$$\text{(a)} \quad 4H_2O + Cr^{3+} \longrightarrow CrO_4^{2-} + 8H^+ + \mathbf{3e^-}$$

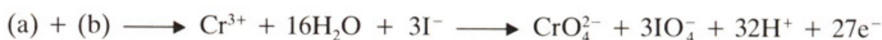


$$\text{(b)} \quad 12H_2O + 3I^- \longrightarrow 3IO_4^- + 24H^+ + \mathbf{24e^-}$$



$$\text{(c)} \quad \mathbf{2e^-} + Cl_2^0 \longrightarrow 2Cl^-$$

Las ecuaciones (a) y (b) se pueden englobar en una sola (por tratarse de dos sistemas reductores).



$$\text{(a) + (b)} \longrightarrow Cr^{3+} + 16H_2O + 3I^- \longrightarrow CrO_4^{2-} + 3IO_4^- + 32H^+ + 27e^-$$



$$\text{(c)} \quad 2e^- + Cl_2^0 \longrightarrow 2Cl^-$$

VI. Multiplicamos [(a) + (b)] por **2** y (c) por **27.**



$$2Cr^{3+} + 32H_2O + 6I^- \longrightarrow 2CrO_4^{2+} 6IO_4^- + 64H^+ + 54e^-$$

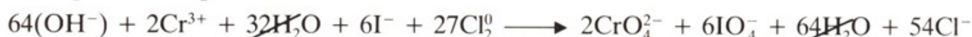


VII. $$54e^- + 27Cl_2 \longrightarrow 54Cl^-$$



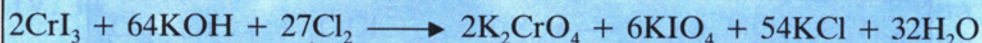
$$2Cr^{3+} + 32H_2O + 6I^- + \cancel{54e^-} + 27Cl_2 \longrightarrow 2CrO_4^{2-} + 6IO_4^- + 64H^+ + \cancel{54e^-} + 54Cl^-$$

Sumamos $64(OH^-)$, ya que la reacción tiene lugar en medio **básico** por estar presente el **KOH.**



$$64(OH^-) + 2Cr^{3+} + \cancel{32H_2O} + 6I^- + 27Cl_2^0 \longrightarrow 2CrO_4^{2-} + 6IO_4^- + \cancel{64H_2O} + 54Cl^-$$

Ecuación ajustada:



$$2CrI_3 + 64KOH + 27Cl_2 \longrightarrow 2K_2CrO_4 + 6KIO_4 + 54KCl + 32H_2O$$

7. EJERCICIOS

I. Ajustar las ecuaciones químicas:

1. $HCl + O_2 \rightleftarrows Cl_2 + H_2O$
2. $Cl_2 + H_2S \rightleftarrows HCl + S$
3. $Cl_2 + Fe \rightleftarrows FeCl_3$
4. $Cl_2 + NaBr \rightleftarrows NaCl + Br_2$
5. $FeCl_3 + SnCl_2 \rightleftarrows FeCl_2 + SnCl_4$
6. $FeO + O_2 \rightleftarrows Fe_2O_3$
7. $K + H_2O \rightleftarrows KOH + H_2$
8. $SO_2 + HNO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4 + NO$
9. $HNO_3 + Ag \longrightarrow AgNO_3 + NO + H_2O$
10. $NH_3 + O_2 \longrightarrow NO + H_2O$
11. $HNO_3 + C \longrightarrow CO_2 + NO + H_2O$
12. $C + KNO_3 \longrightarrow CO_2 + KNO_2$
13. $Cl_2 + Na_2SO_3 + H_2O \longrightarrow Na_2SO_4 + HCl$
14. $Cu + H_2SO_4 \longrightarrow SO_2 + CuSO_4 + H_2O$
15. $Cl_2 + As_2O_3 + H_2O \longrightarrow HCl + H_3AsO_4$
16. $HCl + MnO_2 \longrightarrow Cl_2 + MnCl_2 + H_2O$
17. $MnO_4^- + Fe + H^+ \longrightarrow Mn^{2+} + Fe^{3+} + H_2O$
18. $NO_3^- + Fe^{2+} + H^+ \longrightarrow NO + Fe^{3+} + H_2O$
19. $H_2SO_4 + S \longrightarrow SO_2 + H_2O$
20. $HNO_3 + C \longrightarrow CO_2 + NO_2 + H_2O$
21. $HCl + K_2Cr_2O_7 \longrightarrow Cl_2 + CrCl_3 + KCl + H_2O$
22. $H_2S + H_2SO_4 \longrightarrow SO_2 + S + H_2O$
23. $Cu + HNO_3 \longrightarrow Cu(NO_3)_2 + NO + H_2O$
24. $MnO_2 + FeSO_4 + H_2SO_4 \longrightarrow MnSO_4 + Fe_2(SO_4)_3 + H_2O$
25. $NaBr + KMnO_4 + H_2SO_4 \longrightarrow Br_2 + MnSO_4 + Na_2SO_4 + K_2SO_4 + H_2O$
26. $FeSO_4 + KMnO_4 + H_2SO_4 \longrightarrow Fe_2(SO_4)_3 + MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O$

27. $Cr_2O_7^{2-} + I^- + H^+ \longrightarrow Cr^{3+} + I_2 + H_2O$

28. $K_2Cr_2O_7 + Al + H_2SO_4 \longrightarrow Al_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + H_2O$

29. $NaIO_3 + NaHSO_3 + H_2SO_4 \longrightarrow NaHSO_4 + Na_2SO_4 + I_2 + H_2O$

30. $MnO_2 + Na_2CO_3 + NaNO_2 \longrightarrow NaMnO_4 + NaNO_2 + CO_2$

31. $KNO_2 + KMnO_4 + H_2SO_4 \longrightarrow KNO_3 + MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2O$

32. $HNO_3 + Hg \longrightarrow Hg(NO_3)_2 + NO + H_2O$

33. $KMnO_4 + I_2 + HCl \longrightarrow KIO_3 + MnCl_2 + H_2O$

34. $Ca(PO_4)_2 + SiO_2 + C \longrightarrow CaSiO_3 + P_4 + CO$

35. $KNO_3 + MnO_2 + KOH \longrightarrow KNO_2 + KMnO_4 + H_2O$

36. $P + H_2O + KOH \longrightarrow PH_3 + KH_2PO_2$

PRÁCTICA

LA PILA GALVÁNICA

Es una de las aplicaciones prácticas de la oxidación-reducción.

Está constituida por dos vasos, que se comunican a través de un tubo en U (puente salino) lleno con una disolución salina de Na_2SO_4 u otra sal de sodio; los extremos del tubo se cierran con tapones de papel de filtro que impiden el vaciado del tubo, pero que permiten el paso de iones de uno a otro vaso.

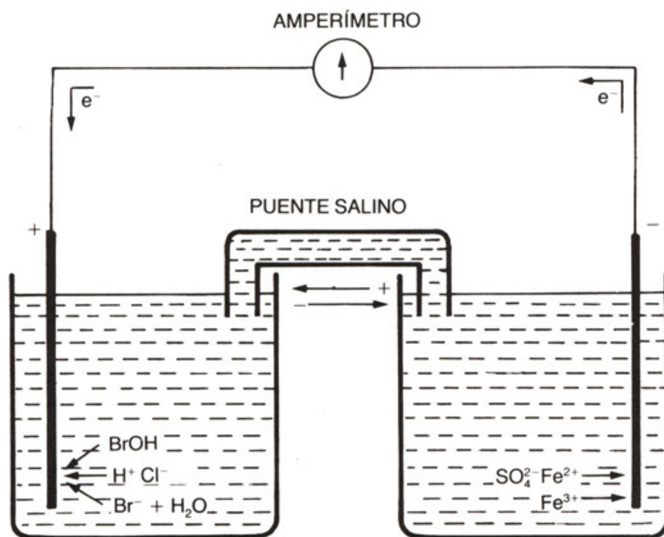
Uno de los vasos contiene una disolución de BrOH con HCl, y el otro una disolución de $FeSO_4$; en los vasos se colocan electrodos de platino (por ser inatacables), conectados entre sí por un amperímetro.

El amperímetro tiene como misión detectar el paso de la corriente eléctrica que se produce como consecuencia de una reacción de oxidación-reducción:



$$2Fe^{2+} + BrOH + H^+ \longrightarrow 2Fe^{3+} + Br^- + H_2O$$

La corriente eléctrica es realmente un doble flujo de iones, por una parte los cationes se desplazan de la disolución de $FeSO_4$ a la de BrOH y los aniones en sentido inverso.



TEMA 13. COMPUESTOS ORGÁNICOS

1. INTRODUCCIÓN

Llamamos compuestos orgánicos a todas las sustancias que poseen carbono en su molécula.

Siguiendo este criterio, el H_2CO_3, el CO_2 y otros, aunque han sido estudiados en química inorgánica, son realmente moléculas orgánicas.

En la actualidad se conocen varios millones de compuestos del carbono, y cada año éstos se ven incrementados con un número elevado de nuevos descubrimientos.

El encontrarnos con esta enorme cantidad de compuestos deriva del hecho de que el carbono puede unirse a sí mismo formando largas cadenas, a las que se unen otros elementos, como H, O, N, y halógenos. Sus enlaces son de tipo covalente puro.

El nitrógeno y el boro, a pesar de tener los mismos orbitales de valencia que el carbono, no forman cadenas estables.

La configuración electrónica del carbono es: $1S^2$, $2S^2P^2$, pero por tendencia natural, los electrones de cualquier elemento ocupan el máximo número de orbitales posibles dentro de una «misma» capa; esto hace, que la estructura electrónica de la capa externa del carbono sea: $2S^1Px^1Py^1Pz^1$; tiene cuatro electrones desapareados, disposición electrónica que explica la «tetravalencia» del carbono.

Estos cuatro electrones de valencia los puede compartir con otros átomos, dando lugar a la formación de enlaces **simples, dobles** o **triples,** dependiendo de que comparta uno, dos o tres de ellos.

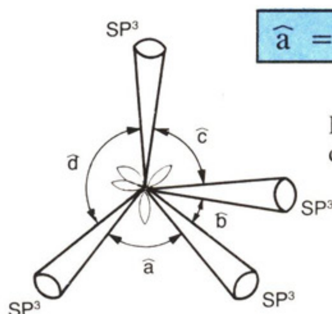
Debido a que los orbitales S y P poseen características diferentes, los enlaces que se formen no deberían ser equivalentes; no obstante, es un hecho comprobado que los hidrocarburos de enlace simple presentan sus cuatro enlaces «equivalentes».

Para poder explicar este hecho, debemos suponer que los cuatro orbitales puros del carbono (S, Px, Py, Pz) se hibridan —se entrelazan— y así consiguen ser todos equivalentes.

Podremos encontrar tres tipos de hibridaciones:

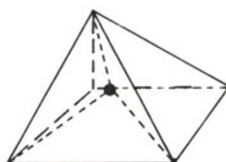
a) **Tetraédrica** (SP^3): Se entrelazan los cuatro orbitales (S, Px, Py, Pz) y dan como resultado «cuatro» orbitales híbridos SP^3 «equivalentes» a ellos, pero orientados hacia los vértices de un «tetraedro» regular, y no en la dirección de los ejes cartesianos.

El ángulo que forma cada par de orbitales es de 109°28′.



$\hat{a} = \hat{b} = \hat{c} = \hat{d} = 109°28'$

Los conos convergen en el centro de un tetraedro formando 109°28′.

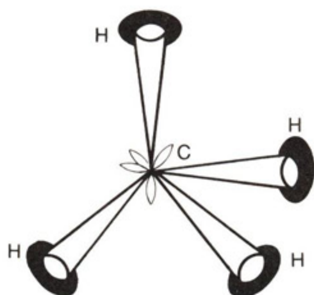


En el centro del tetraedro se encuentra el carbono.

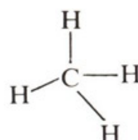
La forma de cada uno de los orbitales hídridos es:



Si estos orbitales del carbono así formados se unen a cuatro hidrógenos, obtendremos una molécula de metano (CH_4), en ella se constituyen cuatro simples enlaces equivalentes.

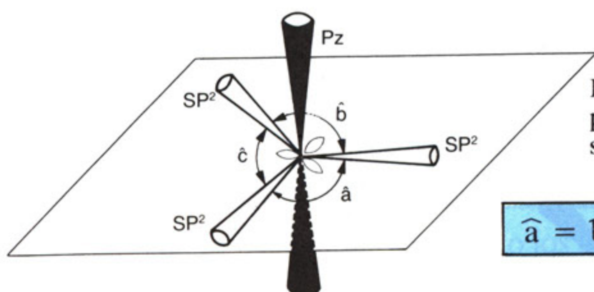


La zona oscura de los conos representa el hidrógeno.



b) **Trigonal** (SP^2): La forman los «tres» orbitales equivalentes SP^2 que resultan al hibridarse los orbitales (S, Px, Py); el orbital (Pz) no participa en esta hibridación.

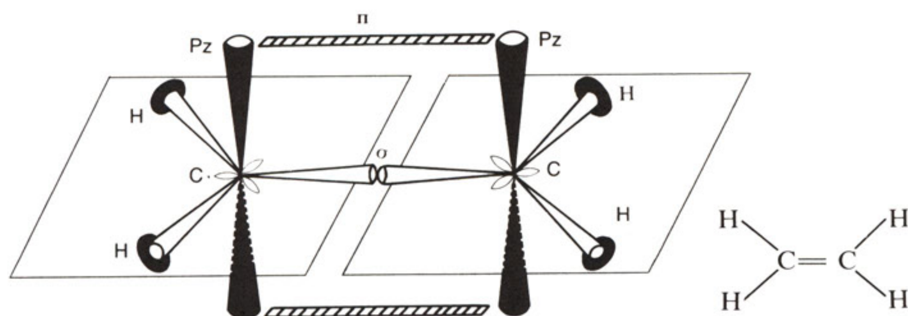
Los orbitales equivalentes se encuentran en un «mismo» plano, separados entre sí 120°, y el orbital (Pz) queda perpendicular a ellos.



Los conos claros están en un mismo plano horizontal, y los conos negros son perpendiculares al plano.

$\widehat{a} = \widehat{b} = \widehat{c} = 120^o$

Este tipo de hibridación se presenta en hidrocarburos de **«doble»** enlace, por ejemplo al formarse la molécula de eteno $[C_2H_4]$:

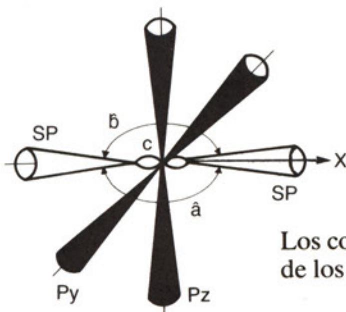


Los enlaces ▱▱▱ unen los conos (Pz) por arriba y por abajo.

El eteno resulta al formarse un enlace «σ» y otro «π», y unirse cuatro hidrógenos a los cuatro orbitales híbridos restantes.*

c) **Digonal** (SP): Se produce por hibridación de los orbitales (S, Px), y quedan libres (Py, Pz).

En este caso, aparecen «dos» orbitales híbridos equivalentes (SP) localizados en una misma dirección (eje x).

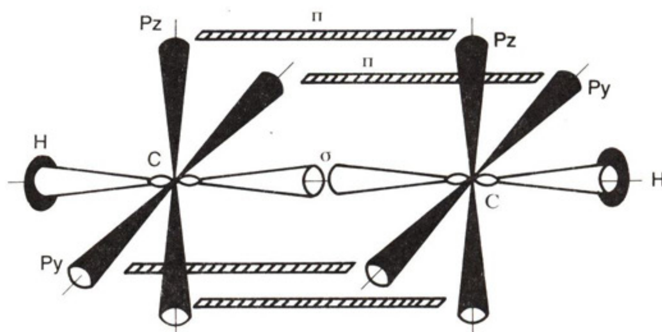


$\widehat{a} = \widehat{b} = 180^o$

Los conos están en las direcciones de los ejes coordenados (x, y, z)

* Los orbitales híbridos pueden formar enlaces «σ» (sigma) y el orbital (Pz) enlaces «π» (pi).

Podemos encontrar esta hibridación en compuestos de **«triple»** enlace, por ejemplo en el etino (C_2H_2):*



2. REPRESENTACIONES MOLECULARES

En el análisis de sustancias orgánicas es frecuente hallar bastantes de ellas con idéntica fórmula molecular (por ejemplo C_2H_6O) —se las llama **isómeros**— por lo que no es aconsejable utilizar este tipo de fórmulas, sino las llamadas «estructurales», las cuales resaltan como se enlazan los átomos; a través de ellas podremos ver las analogías y diferencias existentes en dos compuestos.

Estas fórmulas **estructurales** pueden ser:

a) **Semidesarrolladas:** Si únicamente detallan los enlaces entre carbonos (simplifican espacio).

Convencionalmente se emplea un guión (—) para representar un enlace **simple** entre carbonos, doble guión (═) en el caso de un enlace **doble** y triple guión (≡) cuando se trate de **triple** enlace.

Los restantes átomos que puedan intervenir en la molécula, se escriben junto al átomo de carbono al que van unidos.

b) **Desarrolladas:** Reflejan todos los enlaces existentes en la molécula, ya sea entre carbonos, o entre carbonos y cualquier otro átomo (o grupo de átomos).

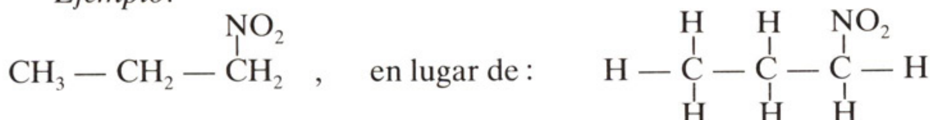
---

* En el etino los orbitales híbridos se unen a dos hidrógenos, y además constituyen un enlace tipo «σ» y dos enlaces tipo «π».
Los orbitales (SP) forman el «σ», y los orbitales (Py, Pz) los «π».

Desarrollada	Semidesarrollada	Molecular
$H-\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle H}{\overset{\vert}{\underset{\vert}{C}}}}-\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle H}{\overset{\vert}{\underset{\vert}{C}}}}-\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle H}{\overset{\vert}{\underset{\vert}{C}}}}-H$	$CH_3 - CH_2 - CH_3$	C_3H_8

También es usual desarrollar sólo los enlaces más característicos de la molécula.

Ejemplo:



$CH_3 - CH_2 - \overset{NO_2}{\overset{\vert}{CH_2}}$, en lugar de: $H-\overset{H}{\underset{H}{\overset{\vert}{\underset{\vert}{C}}}}-\overset{H}{\underset{H}{\overset{\vert}{\underset{\vert}{C}}}}-\overset{NO_2}{\underset{H}{\overset{\vert}{\underset{\vert}{C}}}}-H$

En ocasiones se utiliza un **paréntesis** provisto de un subíndice para ahorrar el escribir una larga cadena.

Ejemplo: $CH_3 - (CH_2)_6 - CN$; en lugar de:



$$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CN$$

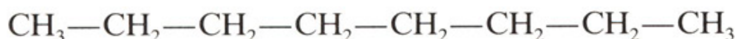
Fórmula empírica: En otros casos suele representarse un compuesto por su fórmula empírica, que es aquélla que refleja la «proporción mínima» entre los átomos del compuesto.

Así la fórmula empírica del etano (C_2H_6) es (CH_3); por cada carbono, tres hidrógenos.

La del eteno (C_2H_4) es (CH_2); proporción uno a dos.

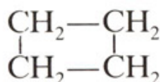
Otras veces se emplean representaciones **geométricas** que abrevian la escritura.

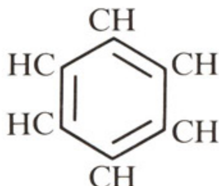
Ejemplo: /\/\/\/ en lugar de:



$$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$$

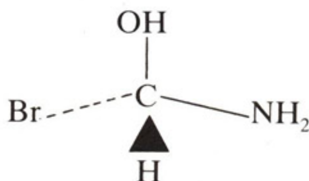
Representamos una raya en zig-zag por cada uno de los enlaces; se usa en compuestos hidrocarbonados.

 en lugar de: 

 en lugar de: 

No siempre son de interés las representaciones planas, ya que las moléculas orgánicas son tridimensionales, por lo que encontraremos compuestos con representación tridimensional.

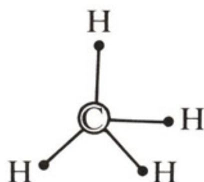
Ejemplo:



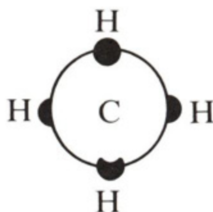
El triángulo representa un enlace que sale del plano, y la línea de trazos el enlace que penetra en el plano.

Por último diremos, que en algunas ocasiones se emplean modelos moleculares con el fin de tener una visión espacial de la molécula.

Ejemplo:



Modelo Varillas

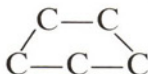


Modelo Casquete
(Nos da una visión real de la molécula)

Cadenas: Podemos decir que la cadena de un compuesto es básicamente el **esqueleto** de su fórmula. Dependiendo de su forma se denominarán:

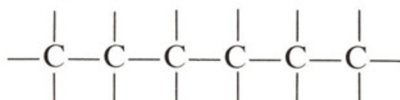
a) **Cerrada:** Si el último carbono de la cadena se une al primero formando un «aro» o «anillo».

Ejemplo:



b) **Lineal** (o abierta): Si no se unen entre sí los carbonos extremos.

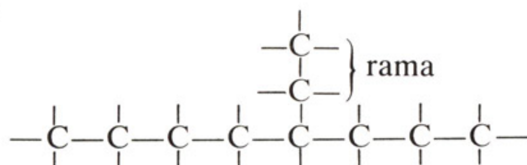
Ejemplo:



Cada guión representa un posible enlace.

c) **Ramificada:** Está constituida por una cadena lineal de la que sale otra/s cadena/s secundaria/s o «rama/s» de alguno de sus carbonos **intermedios** (nunca de los terminales).

Ejemplo:



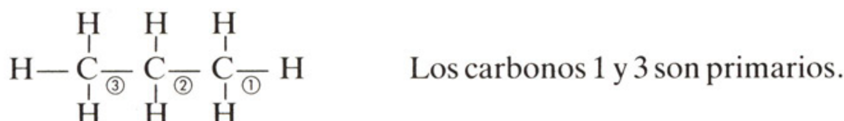
3. CLASES DE CARBONOS

Dependiendo del número de valencias que comparta un carbono, le llamaremos:

— **Primario:** Si comparte sólo «una» de sus valencias con otro carbono; aunque sus tres restantes las comparta con átomos diferentes.

Se hallan situados en los extremos de las cadenas.

Ejemplo:



Los carbonos 1 y 3 son primarios.

— **Secundario:** Si comparten «dos» de sus valencias con otros carbonos. No pueden ir al final de una cadena.

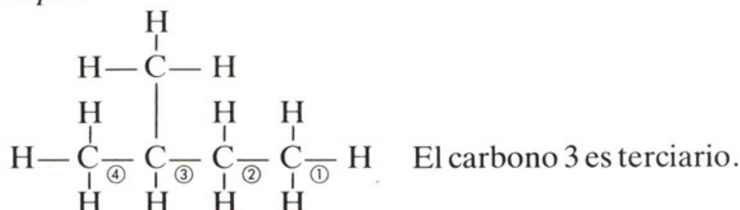
Ejemplo:



Sólo el carbono 2 es secundario.

— **Terciario:** Si comparte «tres» de sus valencias con otros carbonos. Se localizan en zonas intermedias de las cadenas.

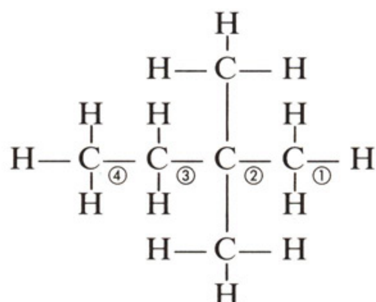
Ejemplo:



El carbono 3 es terciario.

— **Cuaternario:** Si comparte sus «cuatro» valencias con carbonos.*

Ejemplo:



El carbono 2 es cuaternario.

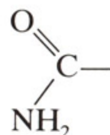
4. GRUPO FUNCIONAL

Para que no resultase demasiado compleja la nomenclatura de compuestos orgánicos debido a su gran número, se tuvo necesidad de clasificarlos en «grupos» de compuestos que manifestasen comportamientos similares.

A cada uno de los grupos que poseían idénticas propiedades se les llamó Función Química o serie homóloga. Cada función química se caracteriza por portar determinados átomos o grupos de átomos, a los que se denomina **grupo funcional**.

Ejemplos:

La función cetona porta el grupo funcional: $-\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}-$

En la función amida es característico el grupo funcional: 

* En todos los compuestos orgánicos el carbono participa como elemento tetravalente — comparte sus cuatro valencias.

5. PREFIJOS

Ante la complejidad de las cadenas de los compuestos orgánicos que se iban conociendo, fue preciso adoptar una nomenclatura especial para ellos basada en la utilización de prefijos, de manera que si la cadena posee:

- **un** carbono, escribiremos el prefijo **met**
- **dos** carbonos, escribiremos el prefijo **et**
- **tres** carbonos, escribiremos el prefijo **prop**
- **cuatro** carbonos, escribiremos el prefijo **but**

} *

Siguiendo este proceso, escribiríamos prefijos derivados del latín o del griego: pent (5), hex (6), hept (7), oct (8), non (9), dec (10), undec (11), dodec (12), tridec (13), etc.

* Estos cuatro son prefijos vulgares.

TEMA 14. FUNCIÓN HIDROCARBURO

Se llama así, a la función cuyos compuestos están constituidos por **carbono** e **hidrógeno** únicamente. Por tanto, los carbonos de cualquier cadena compartirán todas sus valencias con hidrógeno.

Existen tres tipos de hidrocarburos de cadena abierta, que son estudiados a continuación.

1. SATURADOS (ALCANOS O DE SIMPLE ENLACE)

En ellos, cada carbono de la cadena comparte **una** o **dos** valencias con los carbonos contiguos. Se nombran indicando el prefijo correspondiente en **ano.**

Grupo funcional	Fórmula general	Nomenclatura
$-\overset{\vert}{\underset{\vert}{C}}-\overset{\vert}{\underset{\vert}{C}}-$	$CH_3-(CH_2)_n-CH_3$	Prefijo acabado en **ano**

Los primeros compuestos de esta serie homóloga son:

Fórmula desarrollada	Nombre	Fórmula semidesarrollada	F. molecular o condensada
$H-\overset{\overset{H}{\vert}}{\underset{\underset{H}{\vert}}{C}}-H$	metano	CH_4	CH_4
$H-\overset{\overset{H}{\vert}}{\underset{\underset{H}{\vert}}{C}}-\overset{\overset{H}{\vert}}{\underset{\underset{H}{\vert}}{C}}-H$	etano	CH_3-CH_3	C_2H_6

Fórmula desarrollada	Nombre	Fórmula semidesarrollada	F. molecular o condensada
H H H | | | H—C—C—C—H | | | H H H	propano	$CH_3—CH_2—CH_3$	C_3H_8
H H H H | | | | H—C—C—C—C—H | | | | H H H H	butano	$CH_3—CH_2—CH_2—CH_3$	C_4H_{10}
H H H H H | | | | | H—C—C—C—C—C—H | | | | | H H H H H	pentano	$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_3$	C_5H_{12}

Fórmula general condensada: $\boxed{C_nH_{2n+2}}$

A continuación estudiaremos los hidrocarburos **insaturados** (etilénicos y acetilénicos); reciben este nombre porque pueden adicionar hidrógeno en sus moléculas.

2. ETILÉNICOS (ALQUENOS O DE DOBLE ENLACE)

Se llaman así, por ser el **etileno** (nombre vulgar del eteno) el primer compuesto de la serie de los hidrocarburos de doble enlace.

Para nombrarlos se indica el prefijo que corresponda acabado en **eno.** Si existen dos, tres, etc., dobles enlaces en el compuesto, la terminación será **adieno, atrieno, atetraeno...**

Se deben reflejar las posiciones de los dobles enlaces cuando sea necesario. Para indicar la posición de los dobles enlaces, se enumera la cadena comenzando por el carbono extremo más **«próximo»** a alguno de ellos, y se antepone al nombre del compuesto el número del carbono al que pertenecen los dobles enlaces.

El carbono al que pertenece un doble enlace, es aquél que aparece en primer lugar al recorrer la cadena por orden de numeración (1, 2, 3...).

Grupo funcional	Fórmula general	Nomenclatura
| | C=C | |	R—CH=CH—R′	Prefijo-**eno** (**adieno**, atrieno...) indicando posición.

Algunos compuestos de esta serie son:

F. desarrollada	Nombre	F. semidesarrollada	F. molecular
H　　H C=C H　　H	eteno (o etileno)	$CH_2=CH_2$	C_2H_4
H　H　H H—C—C=C H　　　H	propeno*	$CH_3—CH=CH_2$	C_3H_6
H　H　H　H H—C—C—C=C ④　③　②　① H　H　　H	1-buteno	$CH_3—CH_2—CH=CH_2$	C_4H_8
H　H　H　　H C=C—C=C=C ⑤　④　③　②　① H　　　　　H	1, 2, 4-pentatrieno dobles enlaces	$CH_2=CH—CH=C=CH_2$	C_5H_6

Fórmula general condensada: $\boxed{C_nH_{2n}}$ (Para **un** solo enlace doble).

A los dobles enlaces deben corresponderles los dígitos más bajos posibles.

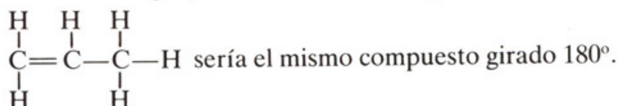
3. ACETILÉNICOS (ALQUINOS O DE TRIPLE ENLACE)

En esta serie, el primer compuesto es el **acetileno** (nombre vulgar del etino), de donde deriva el nombre.

Al escribir el prefijo correspondiente terminado en **ino,** tendremos sus nombres.

Si en la cadena se encuentran dos, tres o más triples enlaces, la terminación que sigue al prefijo será **adiino, atriino, atetraino...**

* En el caso del propeno no es necesario expresar la posición del doble enlace, ya que:



Para indicar las posiciones de los triples enlaces (en casos necesarios), se enumera la cadena comenzando por aquel carbono más cercano a algún triple enlace, y se siguen las mismas normas que en el caso de los dobles.

Grupo funcional	Fórmula general	Nomenclatura
$-C\equiv C-$	$R-C\equiv C-R'$	Prefijo -**ino**(ad**iino**, atr**iino**...) indicando posición.

Algunos compuestos de la serie son:

F. desarrollada	Nombre	F. semidesarrollada	F. molecular
$H-C\equiv C-H$	etino (o acetileno)	$CH\equiv CH$	C_2H_2
$H-C\equiv C-CH_3$ (C con tres H)	propino	$CH\equiv C-CH_3$	C_3H_4
$H-C^{④}H_2-C^{③}H_2-C^{②}\equiv C^{①}-H$	1-butino	$CH_3-CH_2-C\equiv CH$	C_4H_6
$H-C^{⑤}H_2-C^{④}\equiv C^{③}-C^{②}\equiv C^{①}H$	1,3-pentadiino	$CH_3-C\equiv C-C\equiv CH$	C_5H_4

Fórmula general condensada: $\boxed{C_nH_{2n-2}}$ (Para **un** único triple enlace).

Los localizadores de los triples enlaces deben ser los más bajos posibles.

Observación:

Si en el compuesto existen **dobles** y **triples** enlaces, la cadena se enumera de forma que a un «doble» enlace le corresponda el **«menor»** dígito; nombrándose en primer lugar los enlaces dobles (asociados al compuesto) y a continuación los triples.

Para nombrarlos se cambia la terminación **ano** del hidrocarburo por:

en-ino (Compuesto con **un** doble y **un** triple enlace)
adien-ino (Compuesto con **dos** dobles y **un** triple enlace)
atrien-ino (Compuesto con **tres** dobles y **un** triple enlace)
en-diino (Compuesto con **un** doble y **dos** triples enlaces)
adien-diino (Compuesto con **dos** dobles y **dos** triples enlaces)
....

Ejemplos:





4. RADICALES LINEALES

I. **Monovalentes:**

Pueden considerarse, a efectos de formulación, como **hidrocarburos** a los que les quedan valencias por compartir. Sólo tienen existencia estable, cuando están unidos a una cadena.

Al nombrarlos debemos tener en cuenta el hidrocarburo de procedencia; si el radical procede de:

1. **Alcanos:** se cambia en el nombre del hidrocarburo la terminación **ano** por **ilo,** o **ano** por **il** (en el caso en que el radical forme «parte» de un compuesto). A los radicales derivados de alcanos, se les llama radicales **alquilo.**

Ejemplos:

F. desarrollada	N. sistemático	F. semidesarrollada
H—C(H)(H)—	metilo [Radical aislado] ↓ de compuesto ↑ 3-metilhexano [Radical parte]	CH_3—
[H—C(H)—H] unido al carbono ③ —C—C—C—C—C—C— ① ② ③ ④ ⑤ ⑥		CH_3—CH_2—CH(CH_3)—CH_2—CH_2—CH_3

* Damos prioridad a los dobles enlaces.

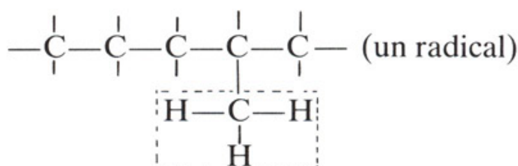
Observaciones:

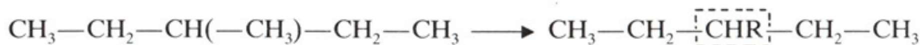
a) Las cadenas se numeran comenzando por el carbono más próximo al radical; éste se encierra entre paréntesis en la representación semidesarrollada.
b) El nombre del radical se asocia y antepone al del compuesto (también se indica su posición).

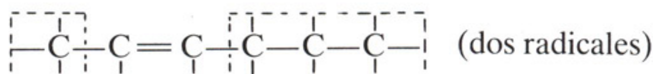
F. desarrollada	N. sistemático	F. semidesarrollada
$H-\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle H}{C}}-\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle H}{C}}-$	etilo [aislado]	CH_3-CH_2-
$-\overset{⑥}{C}-\overset{⑤}{C}-\overset{④}{C}-\overset{③}{C}-\overset{②}{C}-\overset{①}{C}-$ $H-C-H$ $H-C-H$ H	3-etilhexano [parte]	$CH_3-CH_2-CH_2-CH-CH_2-CH_3$ CH_2 CH_3

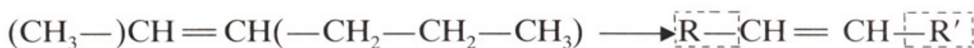
c) Los radicales suelen designarse con las letras R, R′, R″..., en representaciones semidesarrolladas.

Ejemplos:









d) Al representar el esqueleto de la fórmula de un compuesto, se pueden suprimir los hidrógenos.

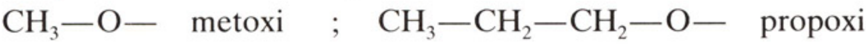
e) Los radicales oxigenados se nombran añadiendo el vocablo **oxi** al nombre del hidrocarburo.

Ejemplo:



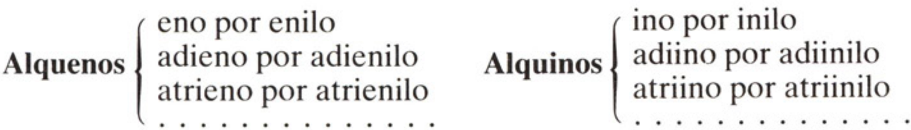
$CH_3—O—$ metiloxi ; $CH_3—CH_2—CH_2—O—$ propiloxi

Aunque se suelen conocer por el nombre contractado:



$CH_3—O—$ metoxi ; $CH_3—CH_2—CH_2—O—$ propoxi

2. Alquenos y alquinos: Cambian la vocal final (o) del nombre del hidrocarburo por **ilo,** es decir:



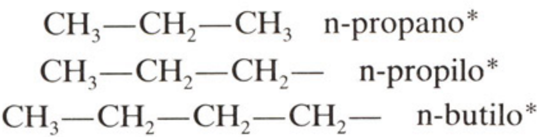
Alquenos { eno por enilo; adieno por adienilo; atrieno por atrienilo; . . . .

Alquinos { ino por inilo; adiino por adiinilo; atriino por atriinilo; . . . .

A los radicales de alquenos y alquinos se les llama **alquenilos** y **alquinilos** respectivamente. Para expresar la posición de los enlaces, se enumera el radical comenzando por el carbono que posee la valencia sin compartir.

Radical	N. sistemático	N. vulgar
$CH_2=CH—$	etenilo	vinilo
$CH\equiv C—$	etinilo	—
$\underset{③}{CH_2}=\underset{②}{CH}—\underset{①}{CH_2}—$	2-propenilo	alilo
$\underset{④}{CH}\equiv\underset{③}{C}—\underset{②}{CH_2}—\underset{①}{CH_2}—$	3-butinilo	—

Ejemplos:



$CH_3—CH_2—CH_3$ n-propano*

$CH_3—CH_2—CH_2—$ n-propilo*

$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—$ n-butilo*

II. **Bivalentes:**

Disponen de dos valencias libres. Se suelen nombrar como derivados del metil y se les da la terminación **eno** (posibilitan dos enlaces).

---

* En algunos casos se antepone la letra «n» al nombre de un hidrocarburo o radical, para hacer constar que su cadena es lineal (o normal).

Ejemplos:

$—CH_2—$	metileno
$—CH_2—CH_2—$	etileno
$—CH_2—CH_2—CH_2—$	trimetileno
$—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—$	tetrametileno

5. ELECCIÓN DE LA CADENA PRINCIPAL

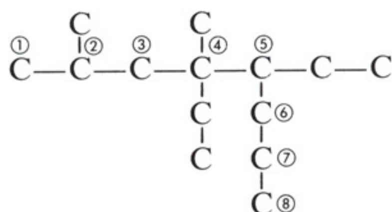
En todo compuesto ramificado hay que distinguir una cadena **principal** y las **ramas** (cadenas secundarias).

Tomaremos como cadena principal aquélla que en conjunto posea mayor número de carbonos (ésta no es siempre la escrita horizontalmente), y cadenas secundarias poco ramificadas.

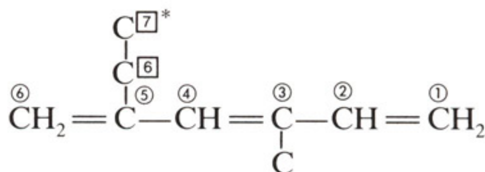
Si en el compuesto existen **dobles** o **triples** enlaces, se toma como cadena principal, la que incluya el mayor número de enlaces dobles o triples, aunque no sea la de mayor contenido en carbonos.

Si dos cadenas contienen en total el mismo número de enlaces dobles y triples, se toma como principal la de mayor número de carbonos, y si éste coincidiese, la de mayor número de **dobles enlaces.**

Ejemplos:



La cadena principal (1, 2..., 8) no es horizontal.



La cadena principal (1, 2,... 6) consta de seis carbonos, (no siete), pero incluye tres dobles enlaces.

En el caso en que el compuesto incluya **varias funciones,** elegiremos como cadena principal la que contenga la función más **compleja,** asignándose al carbono que la **porte** el número **uno.**

---

* Los números que se encierren en un cuadrado, corresponden a numeraciones incorrectas.

Como veremos más adelante la función alcohol —CH_2—OH, por incluir una sola sustitución (OH), es menos compleja que la función ácido orgánico: $-C\begin{smallmatrix}\nearrow O \\ \searrow OH\end{smallmatrix}$, que incluye (OH y O); las del H no cuentan.

La función aldehído: $-C\begin{smallmatrix}\nearrow O \\ \searrow H\end{smallmatrix}$ (sustituye el O) también es más compleja que la función alcohol por llevar un «doble» enlace en el oxígeno (consultar en el apéndice el orden de prioridades).

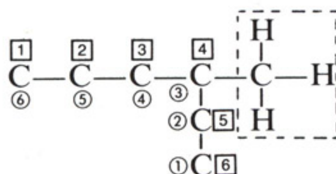
Si nos encontramos con cadenas de idénticas características, tomaremos como principal aquélla que tenga:

— Un mayor número de ramas
— Los localizadores más bajos para sus ramas
— El máximo número de carbonos entre todas sus ramas
— Las ramas —a su vez— menos ramificadas

6. NUMERACIÓN DE CADENAS

Una vez elegida la cadena principal, ésta se empieza a numerar por el extremo más próximo a alguna rama o función.

Ejemplo:



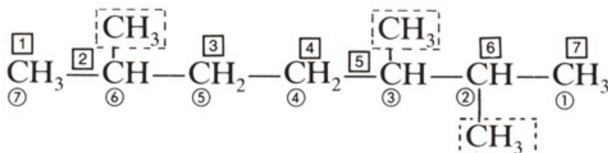
(No es el 4-metilhexano, sino el 3-metilhexano.*)

Si la cadena principal satura algunas de sus valencias con un **mismo** sustituyente, se comenzará a enumerar por aquél extremo que nos dé, siguiendo el orden de sustituyentes, la menor cifra posible.

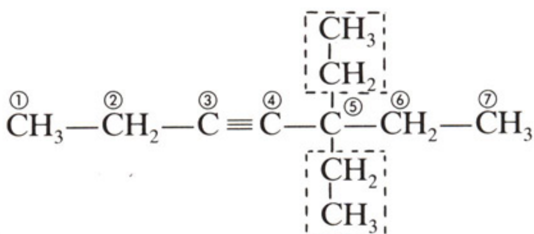
El número de sustituyentes, se refleja anteponiendo al nombre los prefijos di (2), tri (3), tetra (4), etc.

* Hacemos corresponder al radical metil el número menor (3).

Ejemplos:



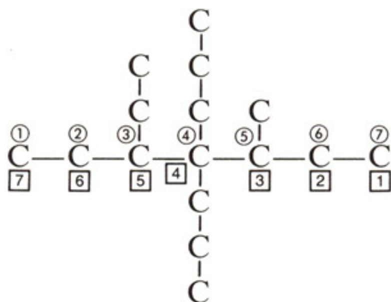
No es el 2,5,6-trimetilheptano, sino el 2,3,6-trimetilheptano, ya que 236 es una cifra menor que 256.



5,5-dietil-3-heptino. El carbono n.º 5 porta dos radicales etil*.

En el caso de que se encuentren distintos radicales en la fórmula del compuesto, éstos se nombrarán siguiendo el orden alfabético; al establecer este orden, no se tienen en cuenta los prefijos que los acompañan (di-, tri-...). Al radical nombrado en primer lugar debe corresponderle el número más bajo (no olvidarlo al numerar la cadena).

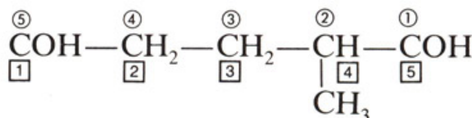
Ejemplo:



3-etil-5-metil-4,4-dipropilheptano. No sería 5-etil-3-metil-4,4--dipropilheptano, ya que al radical etil no le correponde el número más bajo.

Cuando en los carbonos terminales de la cadena principal se hallen dos funciones iguales, al numerarla, comenzaremos por el extremo que asigne los localizadores más bajos a los restantes sustituyentes:

Ejemplo:



---

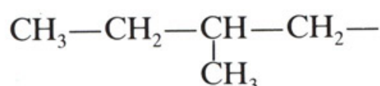
* Para reflejar la posición del triple enlace, separamos los nombres de radicales y compuesto.

Los dobles y triples enlaces son prioritarios frente a radicales, por lo que comenzamos la numeración por la izquierda.

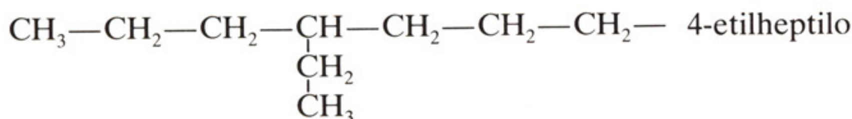
7. RADICALES RAMIFICADOS

Siguen las mismas normas de nomenclatura que los radicales lineales.

Ejemplos:



2-metilbutilo*



4-etilheptilo

Algunos radicales son muy conocidos por su nombre vulgar; para escribirlos se utilizan los prefijos **iso, neo, sec, terc.**

— **Iso:** Nos indica que al final de la cadena existen dos radicales metil.
— **Neo:** Refleja tres radicales metil en un extremo de la cadena.
— **Sec:** Destaca que la valencia sin saturar se encuentra en un carbono secundario.
— **Terc:** Hace notar que la valencia libre está localizada en un carbono terciario.

Hidrocarburo	Radical	N. sistemático	N. vulgar
CH_3 $\rangle CH_2$ isopropano CH_3	CH_3 ② $\rangle CH$— ① [CH_3]	1-metiletilo	isopropilo
CH_3 $\rangle CH—CH_3$ isobutano CH_3	CH_3 ③ $\rangle CH$ ②—CH_2— ① [CH_3]	2-metilpropilo	isobutilo
CH_3 $\rangle CH—CH_2—CH_3$ CH_3 isopentano	CH_3 ④ $\rangle CH$ ③—CH_2 ②—CH_2— ① [CH_3]	3-metilbutilo	isopentilo
CH_3 $CH_3—C—CH_3$ neopentano CH_3	[CH_3] $CH_3—C—CH_2$— [CH_3]	2,2-dimetilpropilo	neopentilo

* Recordemos que se asigna el número «uno» al carbono con la valencia libre.

Hidrocarburo	Radical	N. sistemático	N. vulgar
$CH_3-\overset{CH_3}{\underset{CH_3}{C}}-CH_2-CH_3$ neohexano	$CH_3-\overset{CH_3}{\underset{CH_3}{C}}-CH_2-CH_2-$	3,3-dimetilbutilo	neohexilo
$CH_3-CH_2-CH_2-\underset{CH_3}{CH}-$	secpentilo	$CH_3-CH_2-\overset{\vert}{\underset{CH_3}{C}}-CH_3$	tercpentilo

Observaciones:

— Los compuestos isopropano, secbutano y tercbutano no existen, aunque sí los radicales isopropilo, sec-butilo y terc-butilo.

— El prefijo **iso** también se emplea para hacer referencia a funciones Isómeras, átomos iguales pero enlazados de forma distinta. (Revisar el tema de ISOMERÍA en textos teóricos.)

— Si el compuesto posee radicales ramificados iguales, emplearemos los prefijos bis, tris, tetraquis..., para hacer notar su presencia.

8. EJERCICIOS

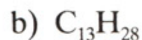
I. **Formular:**

a) pentadecano
b) nonadecano
c) dodecano
d) icosano
e) 2,2,3-trimetilbutano
f) 2-metil-1-buten-3-ino
g) 4-etil-3-vinil-1,3-hexadieno
h) 6,7-bis (2-metilbutil) tridecano
i) 4-butil-2,6-octadiino
j) radical 2-etenil-3-alil-5-metil-3,5-hexadienilo
k) 7-propil-1,3,7-octadien-5-ino [a los ($=$) los menores dígitos]
l) 2-(2-isobutenil)-4-vinil-2-hexen-5-inilo

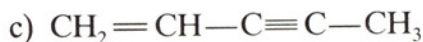
II. **Nombrar:**

a) 

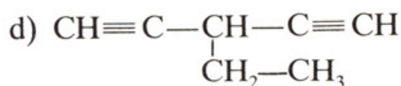
$C_{11}H_{24}$

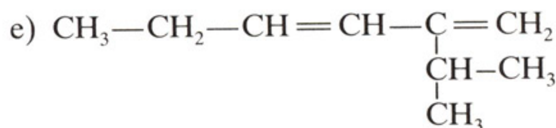
b) 

$C_{13}H_{28}$

c) 

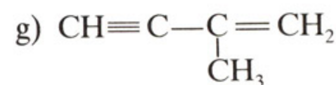
$CH_2=CH-C\equiv C-CH_3$

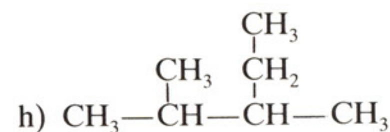
d) 

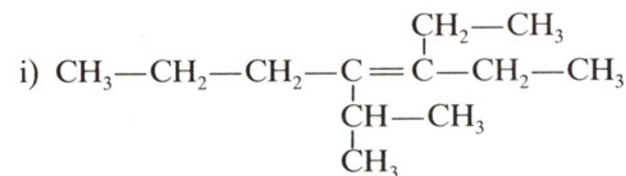
e) 

f) 

$CH_3-CH_2-CH_2-$

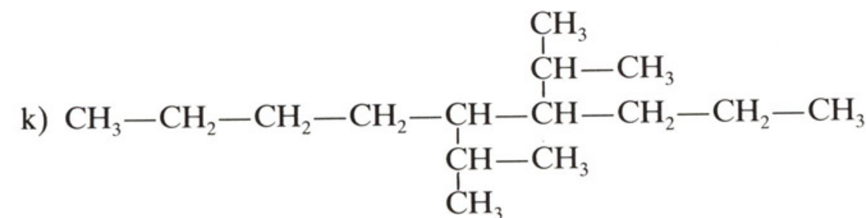
g) 

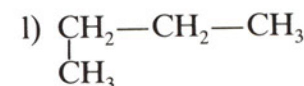
h) 

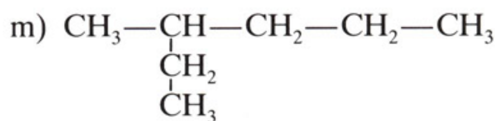
i) 

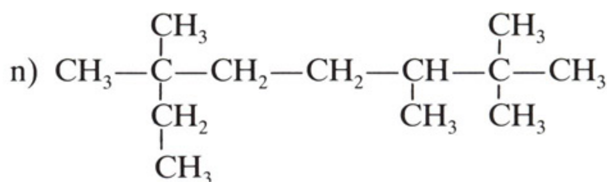
j) 

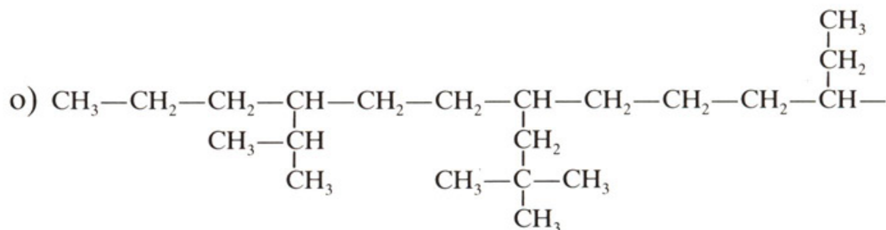
$CH\equiv C-CH_2-$

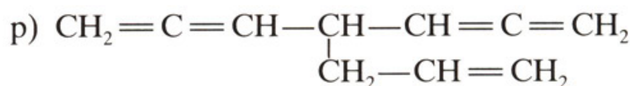
k) 

l) 

m) 

n) 

o) 

p) 

III. **Amplía conocimientos:**

— Reseña propiedades generales y singulares de los hidrocarburos.

— ¿Qué industrias utilizan hidrocarburos para fabricar sus productos?

— Localiza industrias de producción de hidrocarburos.

— Sintetiza algún proceso de obtención de hidrocarburos.

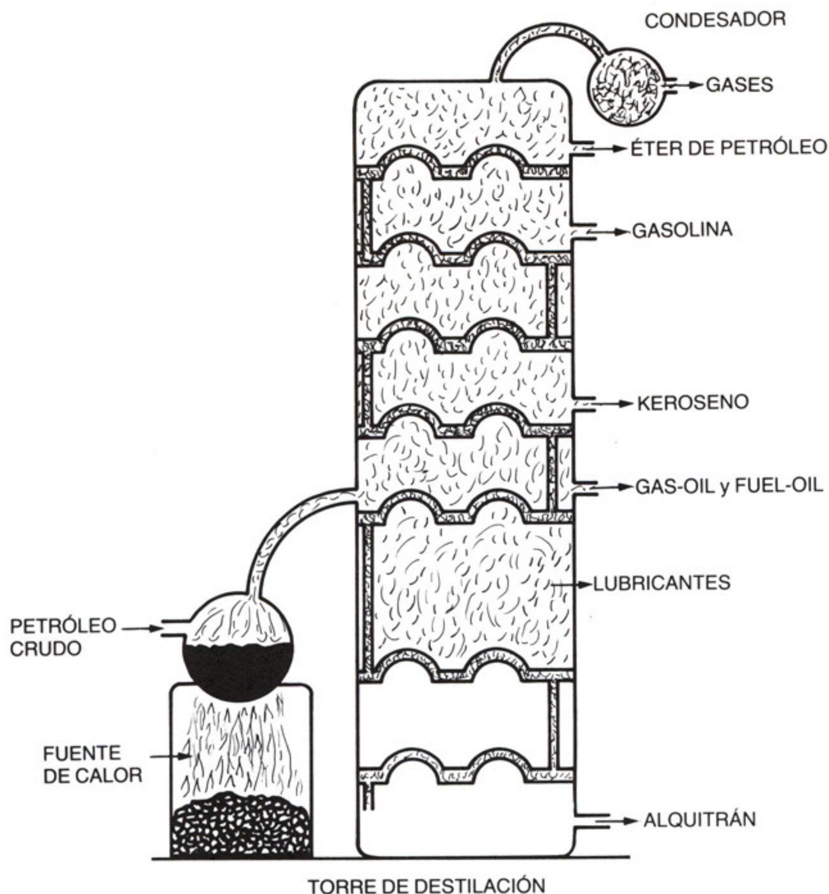
PRÁCTICA

EL PETRÓLEO, FUENTE DE HIDROCARBUROS

De todos es conocida la mezcla de hidrocarburos de color amarillo parduzco, menos densa que el agua, que entre rocas sedimentarias forma grandes bolsas y a la que llamamos petróleo («aceite de piedra»).

Extraído del pozo (petróleo crudo) está compuesto de un 95 % de hidrocarburos (sólidos, líquidos y gaseosos), siendo el resto sales, arenas, sustancias orgánicas y aire.

El petróleo crudo no se emplea como combustible, puesto que algunos de sus componentes, son de gran utilidad, por esto se le somete a un proceso de refinado por destilación, para hacer aprovechables cada uno de ellos.



TORRE DE DESTILACIÓN

Los hidrocarburos del petróleo tienen diferentes puntos de ebullición, propiedad que resulta útil para separarlos en torres de destilación fraccionada.

Al calentar el crudo despide vapores que se depositan en los distintos compartimentos de la torre de destilación, en orden inverso al de sus puntos de ebullición.

La cantidad de gasolina que en un principio se obtenía por destilación fraccionada (18 % del petróleo) no era suficiente para satisfacer las necesidades del mundo moderno, circunstancia que impulsó a descubrir una nueva forma de producción: el «craqueo» (o *cracking);* se fundamenta en la ruptura de las largas cadenas carbonadas de algunos componentes del petróleo y transformarlas en otras más cortas, de 7 a 9 carbonos (gasolinas). De esta forma, se consigue aumentar el rendimiento del petróleo hasta un 90 %.

Cuando por cualquier causa la combustión de un hidrocarburo es incompleta, se producen detonaciones. Para medir el poder antidetonante de los hidrocarburos se ha establecido el llamado índice de octanos; éste recorre desde el valor «cero» del heptano (al que se atribuye el mayor poder detonante de los componentes básicos de las gasolinas) hasta el 100 del isooctano (2,2,4-trimetilpentano), al que se le asigna detonación nula.

El octanaje de una gasolina puede mejorarse transformando sus cadenas lineales en cadenas ramificadas (éstas son más volátiles y por tanto de más fácil combustión) mediante un proceso análogo al craqueo.

Una gasolina de 80 octanos, por citar un ejemplo, tiene la misma capacidad detonante que una mezcla del 80 % de isooctano y 20 % de heptano.

Fracción	Cadenas carbonadas	Punto de destilación	Aplicaciones
Gases	De 1 a 4 carbonos	inferior a 25°C	combustibles
Éter de petróleo o ligroina	De 5 a 7 carbonos	30-85°C	disolvente
Gasolina	De 7 a 9 carbonos	60-200°C	combustible y disolvente
Keroseno	De 10 a 18 carbonos	190-300°C	combustible
Gas-oil y fuel-oil	De 18 a 40 carbonos	270-400°C	combustible
Lubricantes	20 o más carbonos	superior a 350°C	lubricación de motores
Alquitrán	De 16 a 40 carbonos	no destila	impermeabilizante

Algunas gasolinas se refinan hasta conseguir índices de octano superiores a 100, por ejemplo el keroseno.

Las gasolinas contaminan la atmósfera debido al azufre que portan, pues generan en su combustión dióxido de azufre, compuesto con gran poder contaminante.

También derivan del petróleo los detergentes, las resinas, las fibras sintéticas y los plásticos (éstos se obtienen a través de procesos de polimerización, es decir, por unión encadenada de moléculas carbonadas iguales; a cada una de estas moléculas se las llama «monómero» y al conjunto «polímero»).

TEMA 15. FUNCIÓN ÁCIDO ORGÁNICO

1. ÁCIDOS ORGÁNICOS

Se caracterizan por el grupo funcional $-C{\overset{O}{\underset{OH}{\diagup\!\!\diagdown}}}$ (grupo carboxilo), el cual debe ir siempre en un carbono **primario** (extremo); este grupo confiere propiedades ácidas.

Para nombrarlos, se expresa el nombre del hidrocarburo acabado en **oico.** Si existen **dos** grupos **carboxilos** la terminación será **dioico.** La terminación **trioico** no se puede dar.

Grupo funcional	. Fórmula general	Nomenclatura
$-C(=O)OH$	$R-C(=O)OH$	Hidrocarburo-**oico** (o **dioico**)

Ejemplos:

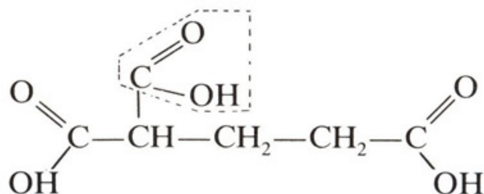
Ácidos	N. sistemático	N. vulgar	F. semidesarrollada
$H-C(=O)OH$	metanoico	ácido fórmico	HCOOH No debe escribirse CH_2O_2 (se anularía la función ácido **OOH**)
$CH_3-C(=O)OH$	etanoico	ácido acético o vinagre	CH_3-COOH

Ácidos	N. sistemático	N. vulgar	F. semidesarrollada
$CH_3-CH_2-C{\overset{\displaystyle O}{\swarrow\!\!\!\!\!=}}\!\!\!\!\!\searrow OH$	propanoico	ácido propiónico	CH_3-CH_2-COOH
$CH_3-CH_2-CH_2-C(=O)OH$	butanoico	ácido butírico	$CH_3-CH_2-CH_2-COOH$
$HO(O=)C-CH=CH-C(=O)OH$	butenodioico	ácido maleico	$HOOC-CH=CH-COOH$

Observaciones:

— Si un compuesto contiene tres grupos carboxilo, la presencia del tercero se puede resaltar anteponiendo el prefijo **carboxi** o tratando de **carboxílico** a cada uno de los grupos COOH.

Ejemplo:



2-carboxi**pentano**dioico ó 1,1,3-**propano**tricarboxílico

— Si en la molécula del compuesto a nombrar existiese alguna función preferente sobre el grupo COOH, también se utiliza el vocablo **carboxi** para referirnos a él; normalmente será prioritario.

2. EJERCICIOS

I. **Formular:**

a) dimetilpropanoico
b) 2-metilpropenoico

c) 3-carboxipentanodioico
d) heptanodioico
e) 3-heptinoico
f) ácido trimetilacético
g) 2,6-dicarboxi-4-(2-carboxietil) heptanodioico
h) 4-etil-2-metil-2,4,5-hexatrienoico
i) 2-etil-5-hexen-3-inoico
j) ácido 1,2,3-propanotricarboxílico

II. **Nombrar:**

a) $CH_3—(CH_2)_4—COOH$

b) $CH_3—CH_2—C(—CH_3)_2—COOH$

c) $CH_3—CH{=}C(—CH_2—CH_3)—CH{=}CH—COOH$

d) $HOOC—C{\equiv}C—CH(—CH_2—CH_3)—CH_2—COOH$

e) $HOOC—CH(—COOH)—CH(—COOH)—COOH$

f) $CH_3—C{\equiv}C—CH_2—COOH$

g) $CH_3—COOH$

h) $CH{\equiv}C—CH{=}CH—CH_2—COOH$

i) $CH_3—CH{=}CH—COOH$

j) $HOOC—COOH$

k)
$$\begin{array}{lllll} & & & CH_3 & \\ & & & | & \\ CH_2—CH & = & C & —CH—CH_2—COOH & \\ | & & | & & \\ CH_3 & & CH{=}CH_2 & & \end{array}$$

l)
$$\begin{array}{ll} HOOC—CH_2— & CH—COOH \\ & | \\ & COOH \end{array}$$

m)
$$\begin{array}{llll} HOOC— & CH—CH_2— & CH—COOH \\ & | & | \\ & COOH & CH_3 \end{array}$$

n) $HOOC—C{\equiv}C—C{\equiv}C—COOH$

III. Completa la siguiente tabla de ácidos orgánicos

N. vulgar	F. semidesarrollada	N. sistemático
Isobutírico	$(CH_3)_2-CH-COOH$	________
Valérico	$CH_3-(CH_2)_3-COOH$	________
Glicólico	$CH_2OH-COOH$	________
Láctico	$CH_3-CHOH-COOH$	________
Oxálico	$COOH-COOH$	________
Malónico	$COOH-CH_2-COOH$	________
Succínico	$COOH-(CH_2)_2-COOH$	________
Glutárico	$COOH-(CH_2)_3-COOH$	________
Acrílico	$CH_2=CH-COOH$	________
Maleico*	$COOH-CH=CH-COOH$	________
Málico	$COOH-CHOH-CH_2-COOH$	________
Tartárico	$COOH-CHOH-CHOH-COOH$	________
Cítrico	$COOH-CH_2-COH-CH_2-COOH$ $\vert$ $COOH$	________
Glicocola	CH_2NH_2-COOH	________
Alanina	$CH_3-CH-COOH$ $\vert$ NH_2	________
Glutámico	$COOH-CH-(CH_2)_2-COOH$ $\vert$ NH_2	________
Ftálico	$COOH$ $/$ C_6H_4 $\backslash$ $COOH$	________
Palmítico	$CH_3-(CH_2)_{14}-COOH$	________
Margárico	$CH_3-(CH_2)_{15}-COOH$	________
Esteárico	$CH_3-(CH_2)_{16}-COOH$	________
Oleico	$CH_3-(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$	________
Metacrílico	$CH_2=C-COOH$ $\vert$ CH_3	________
Fumárico*	$HOOC-CH=CH-COOH$	________

* Los ácidos maleico y fumárico se corresponden con las formas isómeras «cis» y «trans» del ácido butenodioico.

IV. **Investiga y completa conocimientos:**

— Señala propiedades generales y singulares de los ácidos orgánicos.

— Utilidad industrial de los ácidos orgánicos

— ¿En qué lugares encuentras industrias de producción de ácidos orgánicos?

— Enumera de forma resumida procesos de obtención de ácidos orgánicos.

TEMA 16. FUNCIÓN ALCOHOL

1. ALCOHOLES

Al reemplazar un hidrógeno de un hidrocarburo por un grupo (OH), obtenemos un alcohol.

Si tienen lugar varias sustituciones de hidrógenos por grupos (OH), se obtiene un polialcohol; nunca deben pertenecer los hidrógenos sustituidos a un mismo carbono; es decir: sólo puede haber un grupo OH por carbono.

Para nombrarlos se escribe el nombre del hidrocarburo acabado en **ol.**

Si una molécula de compuesto porta:

— 2 grupos (OH), su terminación será **diol**
— 3 grupos (OH), la terminación será **triol**, etc.

Se deben indicar las posiciones de los grupos (OH) cuando sea necesario.

También, aunque menos frecuente, se pueden nombrar los alcoholes con la palabra alcohol seguida del nombre del radical acabado en **ico.**

Grupo funcional	Fórmula general	Nomenclatura
$—CH_2—OH$	$R—CH_2—OH$	Hidrocarburo-**ol** (diol...) indicando posición

Ejemplos:

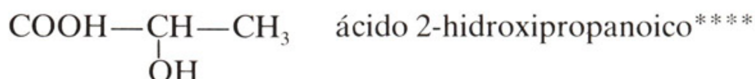
Alcoholes	Nombre	F. semidesarrollada
$H-\overset{H}{\underset{H}{C}}-OH$	metanol (o alcohol metílico)*	CH_3OH***
$H-\overset{H}{\underset{H}{C}}-\overset{H}{\underset{H}{C}}-OH$	etanol (o alcohol etílico)**	CH_3-CH_2OH
$CH_3-CH_2-\overset{H}{\underset{H}{C}}-OH$	1-propanol	$CH_3-CH_2-CH_2OH$
$OH-CH_2-\overset{OH}{CH}-CH_2-OH$	propanotriol (o glicerina)	$CH_2OH-CHOH-CH_2OH$

Observaciones:

— Si el grupo (OH) se encuentra en un carbono primario, secundario..., al alcohol se le llama primario, secundario, etc.

— Si en el compuesto existe alguna función que tenga preferencia sobre la función alcohol, al nombrar el grupo (OH) se le denomina **hidroxi.**

Ejemplo:



— El grupo (OH) es prioritario frente a dobles o triples enlaces, por lo que debe corresponderle el menor dígito posible en cadenas insaturadas; el vocablo **ol** se expresará en último lugar.

---

* Es un alcohol tóxico: se obtiene de la destilación seca de la madera o artificialmente.

** Alcohol extraído del vino.

*** Sería incorrecto escribir CH_4O; anularía al grupo (OH) característico.

**** La función ácido (—COOH), es más compleja y tiene prioridad sobre el (OH).

2. EJERCICIOS

I. **Formular:**

a) 1,3-pentanodiol
b) 4-penten-1-ol
c) 2-propen-1,2-diol
d) 5-metil-2,5-hexadien-1,4-diol
e) trimetilmetanol (alcohol terc-butílico)
f) 2-butanol
g) ácido 2-hidroxipropanoico
h) 2-penten-4-in-1-ol
i) 2-penteno-1,4,5-triol

II. **Nombrar:**

a) $CH_3—COH(—CH_3)—CH_3$

b) $CH_3—C(—CH_3)_2—CH_2—CH_2OH$

c) $CH_3—C(—CH_2OH)_2—CH_2—CH_2OH$

d) $CH_3—CH=C(—CH_2—CH_3)—CH_2OH$

e) $CH_3—CH=CH—CHOH—CH_3$

f) $CH_2=C(—CH_2—CH_3)—CH=CH—CH_2OH$

g) $CH_2=CH—CH_2OH$

h) $CH_3—CHOH—CH_2—CH_2OH$

i) $CH≡C—CH(—CH(CH_3)_2)—CH=CH—CH_2OH$

j) $CH_2OH—CH(—CH_2—CH_3)—CHOH—COOH$

k) $HOOC—CH(—OH)—CH(—OH)—COOH$

l) $HOOC—CH_2—COH(—COOH)—CH_2—COOH$

TEMA 17. FUNCIÓN ALDEHÍDO

1. ALDEHÍDOS

La función aldheído la podemos considerar procedente de alcoholes primarios que han perdido un hidrógeno (**al**cohol**deshi**drogena**do**). Es característico de ella el grupo funcional $-C{\overset{\displaystyle O}{\underset{\displaystyle H}{\lessgtr}}}$, que debe ir siempre en un carbono terminal (primario).

Para nombrarla, se expresa el nombre del hidrocarburo correspondiente terminado en **al.** Si el compuesto posee dos grupos aldehídos, su terminación será **dial.** La terminación **trial** no se puede presentar.

Grupo funcional	Fórmula general	Nomenclatura
$-C(=O)H$	$R-C(=O)H$	Hidrocarburo-**al**(dial)

Primeros aldehídos de la serie:

Aldehídos	Nombre	Fórmula semidesarrollada
$H-C(=O)H$	metanal	CHHO*
$CH_3-CH_2-C(=O)H$	propanal	CH_3-CH_2-CHO

* No debe escribirse CH_2O; ni tampoco CHOH, ya que se confundiría con un alcohol.

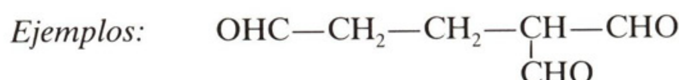
Aldehídos	Nombre	Fórmula semidesarrollada
$O{=}C(H){-}CH_2{-}C(H){=}O$	propanodial	$OHC{-}CH_2{-}CHO$
$O{=}C(H){-}CH{=}CH{-}CH_2{-}C(H){=}O$	2-pentanodial	$OHC{-}CH{=}CH{-}CH_2{-}CHO$

Observaciones:

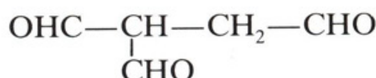
— Dos funciones (alcohol, aldehído, ácido) nunca pueden ir sobre un mismo carbono.

— Un compuesto puede llevar 3 grupos aldehídos, en estos casos, la tercera función aldehído se puede reflejar anteponiendo el prefijo **formil** o denominando **carbaldehído** a cada uno de los grupos CHO (también emplearemos **formil** cuando el grupo CHO no sea prioritario).

Ejemplos:



2-formil**pentano**dial o 1,1,3-**propano**tricarbaldehído
(nombrado partiendo del propano)



formil**butano**dial o 1,1,2-**etano**tricarbaldehído

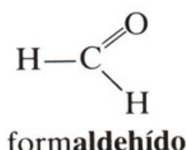
— Cuando átomos de **azufre** reemplazan a los oxígenos de los grupos aldehídos (CHO), a las cadenas carbonadas se les da la terminación **tial.**

Ejemplos:

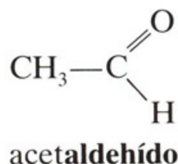


— Si un ácido orgánico tiene nombre vulgar, el aldehído de igual número de carbonos también recibe el nombre vulgar, que resulta de cambiar la terminación **ico** del ácido por **aldehído.**

Ejemplos:



form**aldehído**



acet**aldehído**

2. EJERCICIOS

I. **Formular:**

a) propenal
b) 2-hepten-5-inal
c) 3-pentinodial
d) 2-etilpentanal
e) 3,4-diformilhexanodial
f) 2-etil-3,4–pentadienal
g) 1,1,3,3-propanotetracarbaldehído
h) 2-(3-butinil) butanodial (prioridad al aldehído)
i) 3-metoxipentanodial
j) 3-hidroxi-2-etilbutanal

II. **Nombrar**

a)
$$\begin{array}{lll} CH_3-C\equiv C- & CH & -CH_2-CHO \\ & | & \\ & CH_2-CH_3 & \end{array}$$

b) $CH_2OH-CHOH-CH_2-CHO$

c)
$$\begin{array}{lll} HC\equiv C- & CH & -CH=CH-CHO \\ & | & \\ & CH=CH_2 & \end{array}$$

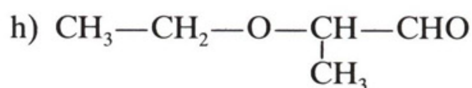
d)
$$\begin{array}{lll} OHC-CH_2-CH_2-CH_2- & CH & -CH_2-CH_2-CHO \\ & | & \\ & CH_2-CH_2-CHO & \end{array}$$

e)
$$\begin{array}{lllll} OHC-CH_2-CH_2- & CH & -CH_2-CH_2-CHO & & \\ & | & & & \\ & CH_2- & CH & -CH_3 & \\ & & | & & \\ & & CHO & & \end{array}$$

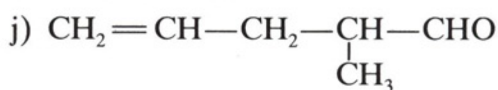
f)
$$\begin{array}{lllll} & CHO & & & \\ & | & & & \\ HC\equiv C- & CH & - & CH & -CH_2-CHO \\ & & & | & \\ & & & CH_2 & \\ & & & | & \\ & & & CH-CHO & \\ & & & | & \\ & & & CH_3 & \end{array}$$

g)
$$\begin{array}{lll} HOOC-CH_2- & CH & -COOH \\ & | & \\ & CHO & \end{array}$$




h) $CH_3—CH_2—O—\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}H—CHO$


i) $CH_3—(CH_2)_{11}—CHO$


j) $CH_2{=}CH—CH_2—\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}H—CHO$

III. **Amplía conocimientos sobre alcoholes y aldehídos:**

— Reseña propiedades generales y particulares de ellos.

— ¿Qué industrias los utilizan para fabricar sus productos?

— Localiza industrias de producción.

— Resume procesos de obtención.

PRÁCTICA

EXTRACCIÓN DE ETANOL DEL VINO

Se ponen 100 cm^3 de vino tinto en un matraz de destilación y se calientan suavemente.

Como se sabe, el punto de ebullición del etanol es de 78,4°C, por lo que el vino lo deberemos calentar a una temperatura un poco superior, pero sin llegar a los 100°C, temperatura en que comienza a vaporizarse el agua contenida en el vino y a mezclarse con los vapores de etanol.

Los vapores de etanol, cuando atraviesan el refrigerante, cambian de estado y se transforman en líquido.

A temperaturas comprendidas entre 78,4° C y 100° C, todo el líquido que se obtenga será etanol.

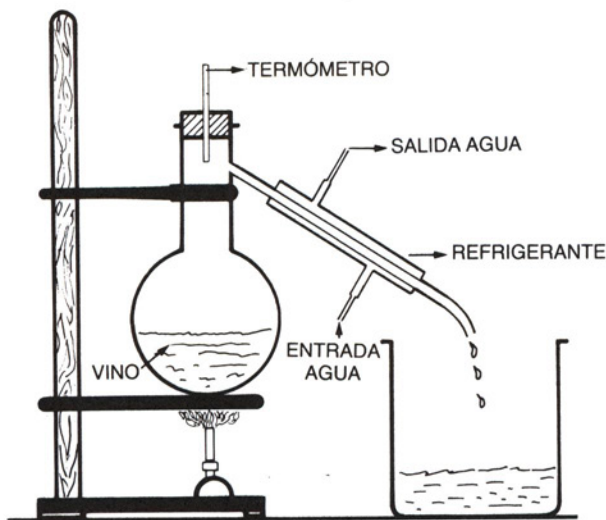
En el vaso de precipitados, donde recogemos el etanol, pondremos una pequeña cantidad de agua, para que sus primeras gotas (el más puro) se disuelvan en ella, evitando así su evaporación.

Una vez destilado el vino, en el matraz quedarán como residuos sustancias colorantes propias del vino y una pequeña proporción de agua.

La graduación alcohólica de un vino nos indica la proporción de alcohol (etanol) que posee; así un vino de 12° contiene un 12 % de alcohol.

El vino lo podemos transformar en ácido acético (vinagre) de una de estas dos formas:

- poniéndolo en contacto con el aire (se oxida);
- añadiéndole un poco de agua.



TEMA 18. FUNCIÓN CETONA

1. CETONAS

Quedan definidas por el grupo funcional $-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-$, el cual, siempre debe ir en un carbono intermedio de la cadena (secundario). Es característico de ella el doble enlace carbono-oxígeno (grupo carbonilo).

Para nombrarlas, se indica el nombre del hidrocarburo acabado en **ona.**

Si el compuesto porta:

— 2 grupos cetona, su terminación será **diona**

— 3 grupos cetona, la terminación será **triona**, y así sucesivamente.

No existen ni metanona ni etanona, ya que el metano y el etano no poseen carbonos intermedios. Cuando sea necesario, debe reflejarse la posición de los grupos CETONA.

Grupo funcional	Fórmula general	Nomenclatura
$-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-$	$R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-R'$	Hidrocarburo-**ona** (diona...) indicando posición

Ejemplos:

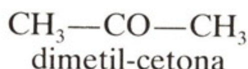
Cetonas	N. sistemático	N. vulgar	N. semidesarrollada
$H-\underset{\underset{\displaystyle H}{\vert}}{\overset{\overset{\displaystyle H}{\vert}}{C}}-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-\underset{\underset{\displaystyle H}{\vert}}{\overset{\overset{\displaystyle H}{\vert}}{C}}-H$	propanona	acetona	$CH_3-CO-CH_3$

Cetonas	N. sistemático	N. vulgar	F. semidesarrollada
$H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-\overset{O}{\overset{\Vert}{C}}-\overset{O}{\overset{\Vert}{C}}-\underset{H}{\overset{H}{C}}-H$	butanodiona	—	$CH_3-CO-CO-CH_3$
$CH_3-\overset{O}{\overset{\Vert}{C}}-\overset{O}{\overset{\Vert}{C}}-CH=CH_2$	4-penten-2,3-diona*	—	$CH_3-CO-CO-CH=CH_2$

Observaciones:

— Aunque poco frecuente, también podemos encontrar nombres radicofuncionales de cetonas.

Ejemplos:


$CH_3-CO-CH_3$
dimetil-cetona


$CH_3-CO-CO-CH_3$
dimetil-dicetona

— Cuando en un compuesto el grupo (CO) no sea prioritario, haremos referencia a él utilizando el prefijo **oxo.**

Ejemplo:


$CH_3-CO-CH_2-CO-CH_2-COOH$ ácido 3,5-dioxohexanoico

— Si el oxígeno del grupo carbonilo (CO) es desplazado por un átomo de azufre, al compuesto resultante le daremos la terminación **tiona.**

Ejemplo:


$CH_3-CS-CH_3$ propanotiona

2. EJERCICIOS

I. **Formular:**

a) 3-hexanona
b) 4-buten-2-ona
c) 4-hexin-3-ona
d) ácido 2,3,4-trioxohexanodioico
e) viniletilcetona

---

* Observar la prioridad de la función cetona; la numeración comienza por la izquierda.

f) 2,4-dihidroxi-3-hexanona
g) sec-butilmetildicetona
h) ácido 3-oxo-2,4-diformilhexanodioico
i) 2-hepten-6-ino-4,5-diona
j) 5-propil-2,3,6-heptanotriona

II. **Nombrar:**

a) $CH_3—CO—CH=CH—CO—CH=CH_2$

b) $CH_3—CO—CH_2—CH_2—CH_3$

c) $CH_3—CO—CO—CH(CH_3)—CH_3$

d) $CH_3—CO—CH_2—CH(O—CH_3)—CO—CH_3$

e) $CH_3—CH_2—CH_2—CO—CH(CH(CH_3)_2)—CH_2—CH_3$

f) $CH_2=CH—CO—CH=CH_2$

g) $OHC—CH_2—CO—CO—CH_3$

h) $HC\equiv C—CH_2—CO—CO—CH_3$

i) $HOOC—CH_2—CH(CHO)—CO—CH_3$

j) $CH_3—CO—CH(CH_2—CH_2—CH_3)—CH_2—CO—CO—CH_3$

k) $CH_3—CH=C(CH_2—CH_3)—CO—CH_3$

III. **Amplía conocimientos:**

— Describe características generales y particulares de las cetonas.

— ¿Qué utilidad se les da a las cetonas?

— ¿En qué lugares se producen cetonas?

— Resume procesos de obtención de cetonas.

TEMA 19. FUNCIÓN SAL ORGÁNICA

1. SALES ORGÁNICAS

Podemos decir que resultan de sustituir el hidrógeno del grupo carboxilo de los ácidos por elementos metálicos.

Su formulación y nomenclatura son análogas a la de las sales inorgánicas (cambiaremos **oico** por **oato**).

Al formular sales de metales no **monovalentes** encerraremos entre paréntesis la parte orgánica, e intercambiaremos sus valencias.

Si al formarse la sal, quedase algún hidrógeno por sustituir, la sal resultante sería **ácida.**

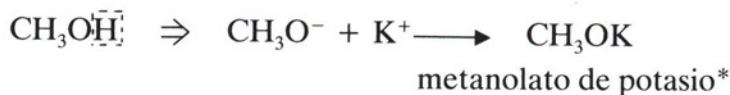
Ejemplos:

Ácido	Sal	F. semidesarrollada (Sal)
$CH_3-CH_2-C(=O)-OH$ propanoico	$CH_3-CH_2-C(=O)-ONa$ propanoato de sodio	$CH_3-CH_2-COONa$
	$(CH_3-CH_2-C(=O)-O^-)_2Fe$ propanoato de hierro (II)	$(CH_3-CH_2-COO^-)_2Fe$

Ácido	Sal	F. semidesarrollada (Sal)
$HO-C(=O)-CH_2-C(=O)-OH$ (OH enmarcados) propanodioico	$\left(^{-}O-C(=O)-CH_2-C(=O)-O^{-}\right)Fe$ propanodioato de hierro (II)	$(COO^{-}-CH_2-COO^{-})Fe$
	$\left(^{-}O-C(=O)-CH_2-C(=O)-O^{-}\right)_3Al_2$ propanodioato de aluminio	$(COO^{-}-CH_2-COO^{-})_3Al_2$
$HO-C(=O)-C(=O)-OH$ (OH enmarcado) etanodioico	$HO-C(=O)-C(=O)-ONa$ hidrogeno etanodioato de sodio	HOOC-COONa

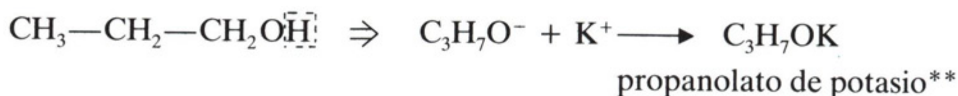
Aunque los fenoles se estudiarán más adelante, aquí queremos hacer referencia a algunas sales que derivan de alcoholes y fenoles, debido a que en ellas se ha observado cierto carácter ácido. Se las conoce por alcoholatos y fenolatos, y su nombre se escribe cambiando la terminación **ol** (de alcoholes y fenoles) por **olato.**

Ejemplos:



$$CH_3OH \Rightarrow CH_3O^- + K^+ \longrightarrow CH_3OK$$

metanolato de potasio*



$$CH_3-CH_2-CH_2OH \Rightarrow C_3H_7O^- + K^+ \longrightarrow C_3H_7OK$$

propanolato de potasio**

---

* También se puede llamar: metilato de potasio o metóxido de potasio.

** En la nomenclatura de sales de cierta complejidad, se admiten expresiones literales como: «sal de bario del ácido...», «sal de potasio del ácido...».

2. EJERCICIOS

I. **Formular:**

a) acetato de potasio
b) propanodioato de litio
c) etóxido de sodio
d) propanoato de oro (III)
e) etanodioato de plomo (IV)
f) propilato de potasio
g) propanolato de sodio
h) butanolato de calcio
i) butanoato de cobre (I)
j) 2-etilbutanodioato de potasio
k) dihidrógenoetanodioato de níquel (II)
l) acetato de magnesio

II. **Nombrar:**

a) CH_3ORb
b) $(CH_3\text{–}COO^-)_2Ni$
c) $CH_3—CH—COONa$ with $CH_2—CH_3$ attached to the CH
$$\begin{array}{l} CH_3—\underset{\displaystyle CH_2—CH_3}{\underset{|}{CH}}—COONa \end{array}$$
d) $(HOOC—CH_2—COO^-)_3Fe$
e) $NaOOC—CH{=}CH—COONa$
f) $(CH_3—CH_2—CH_2—CH_2O^-)_2Be$
g) $HOOC—COOCu$
h) $(CH_3—CH_2—CH_2O^-)_4Pt$

III. **Como actividad complementaria, realiza un estudio de estas sales, similar al de las sales inorgánicas.**

TEMA 20. DERIVADOS HALOGENADOS

1. DERIVADOS HALOGENADOS

Son hidrocarburos que poseen átomos de halógenos en su molécula.

Para nombrarlos se indica la posición y nombre del halógeno, seguido del nombre del hidrocarburo. Cuando se sustituyen varios hidrógenos se utilizan los prefijos **di, tri...** en su nomenclatura.

Ejemplos:

Derivado halogenado	**Nombre sistemático / Nombre vulgar**	**F. semidesarrollada**
$\begin{array}{ccccccc} & H & & H & & H & \\ H- & C & - & C & - & C & -Cl \\ & H & & H & & H & \end{array}$	1-cloropropano	$CH_3—CH_2—CH_2—Cl$
$\begin{array}{ccccc} & & Cl & Br & Cl \\ CH_3— & CH= & C— & CH— & CH_2 \end{array}$	4-bromo-3,5-dicloro--3-propeno*	$CH_3—CH=CCl—CHBr—CH_2Cl$
$\begin{array}{ccc} & I & \\ H— & C & —I \\ & I & \end{array}$	triyodometano / yodoformo	CHI_3
$\begin{array}{ccc} & Cl & \\ H— & C & —Cl \\ & Cl & \end{array}$	triclorometano / cloroformo**	$CHCl_3$

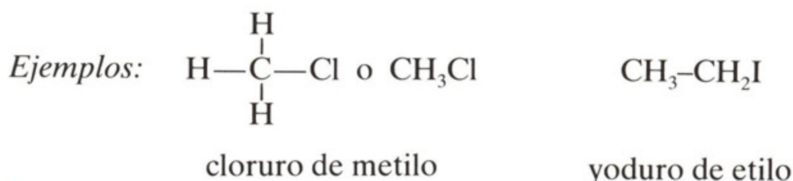
* El doble enlace tiene prioridad sobre los halógenos.

** Se emplea como anestésico.

Observaciones:

— Estos compuestos también podemos nombrarlos suponiéndolos resultantes de sustituir el hidrógeno de los hidrácidos por un radical orgánico, es decir, de forma similar a las sales haloideas.

Ejemplos:



cloruro de metilo — yoduro de etilo

— Para reflejar que se ha sustituido todo el hidrógeno de un hidrocarburo por un único halógeno, se utiliza el prefijo **per.**

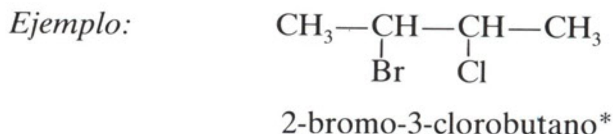
Ejemplo:



peryodopropano

— En caso de encontrarnos con sustituciones «equivalentes» de halógenos distintos, comenzaremos a enumerar el compuesto, por el extremo que haga corresponder el número más bajo al elemento que por orden alfabético le corresponda el primer lugar; si no encontramos equivalencias, comenzaremos la numeración por el extremo de la cadena que haga corresponder los dígitos más bajos.

Ejemplo:



2-bromo-3-clorobutano*

2. EJERCICIOS

I. **Formular:**

a) 1,2-dibromopropano
b) bromoformo
c) 3-cloro-1-propeno
d) yoduro de terc-butilo

---

* Al bromo le corresponde el número más bajo.

e) 3,5-dicloro-1,3-pentadieno
f) dibromuro de metileno
g) 2,3-dibromo-2,3-dimetilbutano
h) 1,2-dicloro-4,5-diyodo-3-propilpentano
i) 2,3-diyodoperfluoropropano
j) cloruro de metilvinilo

II. **Nombrar:**

a) $CH_3—CCl=CH—CH_3$

b) $CCl_3—CH_2—CCl_3$

c) $$\begin{array}{l} CH_3—C\equiv C—\underset{|}{C}H—CH_2—CHCl_2 \\ \qquad\qquad\quad\; CH_2—CH_2Cl \end{array}$$

d) $CH_2=CH—CHBr—CH_3$

e) $$\begin{array}{l} CH_3—CH_2—\underset{|}{C}H—CHCl—CH_3 \\ \qquad\qquad\; CH_2—CH_2I \end{array}$$

f) $CH_2I—CH_2I$

g) $$\begin{array}{l} \qquad\quad Cl \\ \qquad\quad | \\ CH_3—CH—CBrCl—CHCl_2 \end{array}$$

h) $CH_3—CI_2—CBr_2—CH_3$

i) $$\begin{array}{l} CH_3—\underset{|}{C}H—CH_2Cl \\ \qquad\; CH_3 \end{array}$$

j) $COCl_2$

k) $$\begin{array}{l} CH_2=CH—CI_2—\underset{|}{C}H—CH_2—CH_3 \\ \qquad\qquad\qquad\quad CH_2Cl \end{array}$$

l) $CH_2Br—CHCl—CHBr—CH_2Cl$

III. **Como complemento, sugerimos hacer un estudio sobre derivados halogenados que comprenda:**

— Propiedades
— Aplicaciones industriales
— Procesos de obtención

TEMA 21. FUNCIÓN ÉSTER

1. ÉSTERES

Podemos considerar a los ésteres como sales, ya que se obtienen al reemplazar el hidrógeno del grupo carboxilo de los ácidos por radicales orgánicos.

Sin embargo, se diferencian en la forma de enlazarse, pues mientras el enlace oxígeno-metal es iónico, el enlace oxígeno-radical es covalente.

Igual que en las sales, pueden quedar hidrógenos sin sustituir, resultando un éster ácido.

Grupo funcional	Fórmula general	Nomenclatura
$-C(=O)-OR$	$R-C(=O)-OR'$	Como sales de radicales orgánicos

Ejemplos:

Éster	Nombre sistemático	Fórmula semidesarrollada
$CH_3-CH_2-C(=O)-O-CH_3$	propanoato de metilo	$CH_3-CH_2-COO-CH_3$
$H-C(=O)-O-CH_2-CH_3$	metanoato de etilo (o formiato de etilo)	$HCOO-CH_2-CH_3$

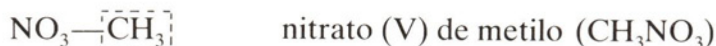
Éster	Nombre sistemático	Fórmula semidesarrollada
$CH_3—COO—CH(CH_3)(CH_3)$	etanoato de isopropilo (o acetato de isopropilo)	$CH_3—COO—CH(CH_3)_2$

En las fórmulas semidesarrolladas, los radicales se identifican por la parte de cadena unida a un oxígeno.

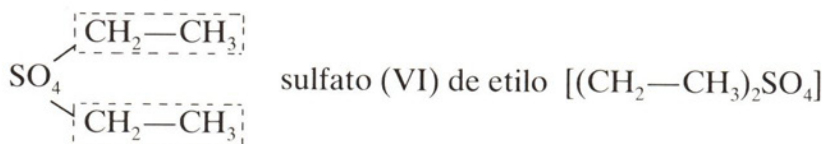
Observaciones:

— En ácidos inorgánicos también pueden realizarse sustituciones de los hidrógenos por radicales orgánicos.

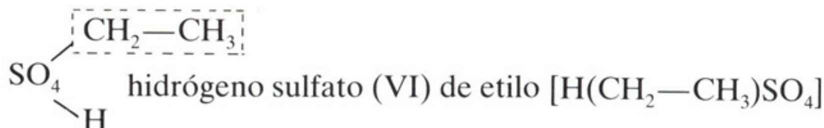
Ejemplos:



$NO_3—CH_3$ nitrato (V) de metilo (CH_3NO_3)



sulfato (VI) de etilo $[(CH_2—CH_3)_2SO_4]$



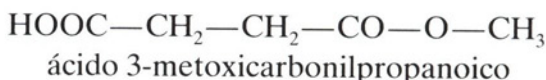
hidrógeno sulfato (VI) de etilo $[H(CH_2—CH_3)SO_4]$

— Podemos encontrar compuestos que contengan más de dos funciones éster o que ésta no sea prioritaria, en estos casos, caben dos situaciones dependientes de la localización de la función prioritaria:

I. Que ésta se encuentre en el radical R (R—CO—OR′), el resto de la molécula (—CO—OR′) se nombra como sustituyente ALCOXICARBONIL o ARILOXICARBONIL (carbonilo oxigenado con cadena abierta o cerrada).

II. Que la función prioritaria esté localizada en el radical R′, a la parte (R—CO—O—) la nombraremos como sustituyente ACILOXI (oxigenado y de origen ácido).

Ejemplo:



$HOOC—CH_2—CH_2—CO—O—CH_3$

ácido 3-metoxicarbonilpropanoico

2. EJERCICIOS

I. **Formular:**

a) propanoato de etilo
b) 2-butenoato de propilo
c) 2-propinoato de isopropilo
d) carbonato (IV) de etilo
e) acetato de metilo
f) nitrato (V) de propilo
g) 2-metilbutanoato de metilo
h) 3-propioxipropanoico (derivado del ácido propiónico)
i) 2-bromopropanoato de metilo
j) ácido 2-etil-4- (etoxicarbonil) butanoico
k) hidrógeno carbonato (IV) de vinilo
l) 2-sec-butilpropenoato de etilo
m) etanodioato de metilo y propilo

II. **Nombrar:**

a) $CH_3—CH_2—CH_2—COO—CH_3$

b) $CH_3—C\equiv C—COO—CH=CH_2$

c) $CH_2I—COO—CH_2—CH_3$

d) $CH_3—COO—CH_2—OOC—CH_3$

e) $CH_3—CH_2—\underset{\displaystyle CH_2—CH_2—CH_3}{\underset{|}{C}H}—COO—CH_3$

f) $SO_4\begin{cases} CH_3 \\ CH_2—CH_3 \end{cases}$

g) $CH_3—CH_2—COO—CH_2—\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}H}—CH_2—CH_3$

h) $CH_3—\underset{\displaystyle O—CH_3}{\underset{|}{C}H}—CH_2—COO—CH_2—CH_3$

i) $CH_3—CH=\underset{\displaystyle \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}H}—CH_3}{\underset{|}{C}}—COO—CH=CH_2$

TEMA 22. FUNCIÓN ÉTER

1. ÉTERES

Los éteres están constituidos por cadenas carbonadas unidas por el oxígeno (R—O—R′)

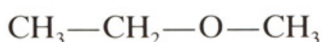
Los éteres se pueden nombrar de dos formas:

I. Escribiendo la raíz del primer radical (R) a continuación el vocablo **oxi,** y por último el nombre del hidrocarburo R′.

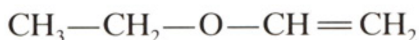
II. Expresando el nombre de los radicales, seguidos de la palabra éter.

Grupo funcional	Fórmula general	Nomenclatura
—O—	R—O—R′	Raíz (R)-**oxi**-hidrocarburo (R′). Nombre radicales-éter

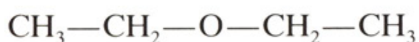
Ejemplos:



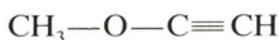
etoximetano o etilmetil éter



etoxieteno o etilvinil éter



etoxietano o dietil éter



metoxietino o metiletinil éter

Observaciones:

— En la nomenclatura de algunos éteres no podremos utilizar los sistemas anteriormente citados, por lo que les daremos un nombre que se ajuste a su estructura.

Ejemplos:



butadionaoxipropanona



3-etil-2-metoxi-pentano

— Para poner de manifiesto que un oxígeno es el sustituyente de un grupo CH_2 de la cadena, se emplea el vocablo **oxa.** El resultado es un poliéter.

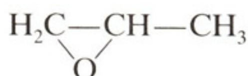
Ejemplo:



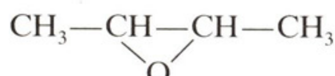
2,4,6-trioxaheptano

— El oxígeno también puede formar ciclo con carbonos contiguos; para reflejar esta unión se emplea el prefijo **epoxi.** Se denominan éteres cíclicos.

Ejemplos:



epoxipropano



2,3-epoxibutano

2. EJERCICIOS

I. **Formular:**

a) propoxietano
b) propilvinil éter
c) 1-metoxi-2-metilbutano
d) 2,4,6-trioxaoctano
e) 3-metoxi-1-propino
f) 3,4-epoxi-5-bromoheptano
g) oxidimetanol
h) 3,5-dioxaheptan-2-ol
i) 2-etoxi-3-pentanol
j) 1,2′-oxidipropanol*
k) 2,1′-oxidicloroetano

* Cuando sea necesario primaremos (′) los localizadores de los sustituyentes para clarificar sus posiciones.

II. **Nombrar:**

a) $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-O-CH_3$

b) $CH_3-O-CH_2-CH_2-CH_2OH$

c) $CH_3-CH_2-CH_2-O-CH_2-CH=CH_2$

d) $CH_3-CH_2-O-CH_2-CH_2-O-CH_3$

e) $\begin{array}{c} H_2C-CH_2 \\ \diagdown\;\diagup \\ O \end{array}$

f) $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_2-O-CH_2-CH_3$

g) $CH_3-CHOH-CH_2-O-CH_2-CH_2OH$

h) $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_2-O-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_3$

i) $CH_3-\underset{\displaystyle O-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_3}{\underset{|}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}}}-CH_3$

III. **Amplía conocimientos sobre ésteres y éteres:**

— Anota características generales y singulares de ellos.

— ¿Qué industrias los utilizan para fabricar sus productos?

— Localiza industrias de producción.

— Enumera procesos de obtención.

PRÁCTICA

OBTENCIÓN DE UN ÉTER*

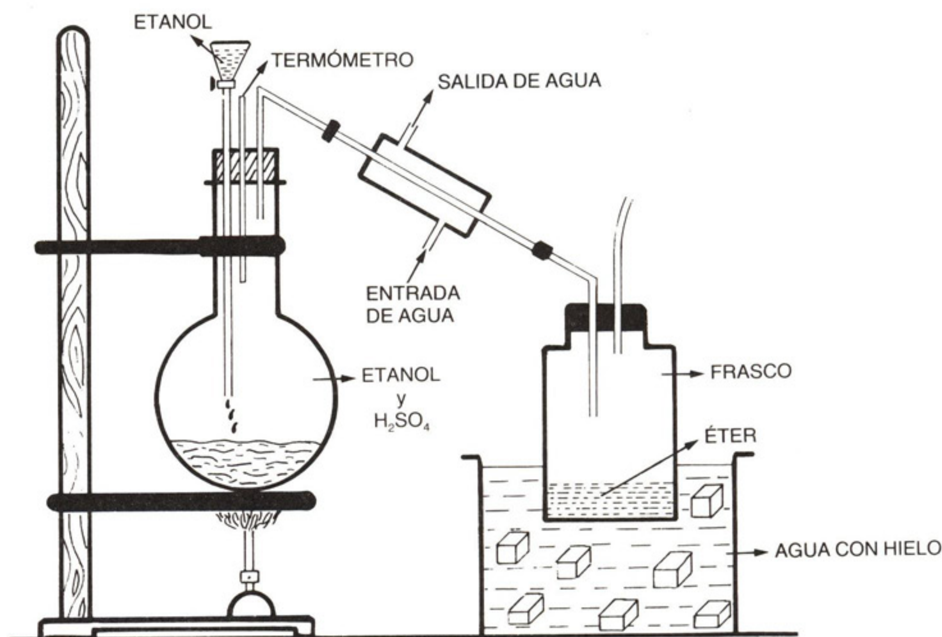
En un matraz de unos 300 cm^3 ponemos una mezcla de etanol (90 cm^3) y H_2SO_4 concentrado (100 cm^3) y, sobre ella, mediante un embudo de decantación, se deja gotear más etanol al tiempo que la mezcla resultante se agita suavemente y se destila a 140ºC.

Como producto de la destilación recogeremos en un frasco éter mezclado con agua y etanol; previamente, en el frasco, se puso un poco de agua para que se disolviese el alcohol sobrante en ella.

El producto se deja reposar hasta que el éter quede por encima de la disolución de agua y alcohol; decantamos el éter y lo destilamos por segunda vez mezclado con cloruro de calcio (retiene el agua).

El destilado (éter puro) se recoge en un frasco seco refrigerado en agua con hielo.

* Debe procurarse no respirar los vapores del éter.



TEMA 23. FUNCIÓN AMINA

1. AMINAS

Podemos suponer que resultan de sustituir en el amoniaco (NH_3), uno o más de sus hidrógenos por radicales orgánicos. Su clasificación (primarias, secundarias y terciarias) está en función del número de sustituyentes.

	Grupo funcional	**Fórmula general**	**Nomenclatura**
Primaria	$N(-H)(-H)-$	NH_2-R	Nombre de los radicales, más la palabra **amina**
Secundaria	$N(-H)-$; —	$R-NH-R'$	
Terciaria	$N\lt$ —	$N(-R)(-R')(-R'')$	

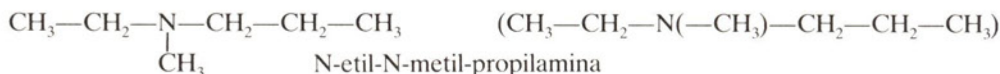
Si la amina presenta cierta complejidad, podemos tomar como base de ella al sustituyente más complicado (que se nombrará al final) y a los otros dos los consideraremos sustituyentes sobre el nitrógeno y se localizarán con su inicial (N).

Ejemplos:





dimetilamina ($CH_3—NH—CH_3$)



($CH_3—CH_2—N(—CH_3)—CH_2—CH_2—CH_3$)

N-etil-N-metil-propilamina

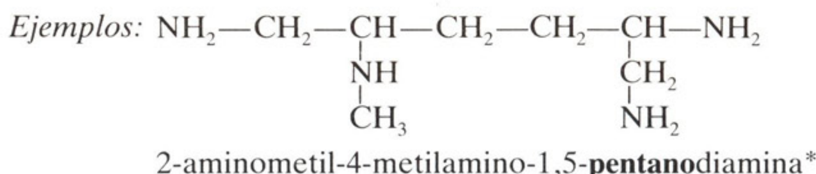
Observaciones:

— Al estudiar las aminas también nos podremos encontrar con la existencia de varias funciones aminas en un mismo compuesto; en su nomenclatura distinguiremos dos casos:

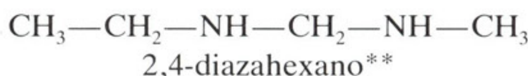
I. La cadena principal no incluye a algunos de los nitrógenos; tal situación se refleja con el prefijo **amino,** metilAMINO...

II. Alguno de los nitrógenos se encuentra en la cadena principal; haremos referencia a él utilizando el vocablo **aza.**

Ejemplos:



2-aminometil-4-metilamino-1,5-**pentano**diamina*



2,4-diazahexano**

— Por su estructura ($H_2N—NH_2$) a la hidrazina podemos suponerla derivada de las aminas; también da origen a compuestos nitrogenados.

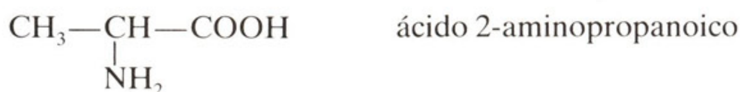
Ejemplo:



etilhidrazina

— Cuando el grupo (NH_2) no es función principal, se nombra con el vocablo **amino:**

Ejemplo:

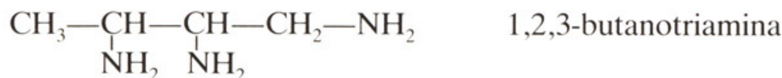


* Se tiene en cuenta la estructura de los radicales.

** Los grupos (NH) se consideran parte de la cadena.

— También se pueden nombrar los grupos (NH_2) como integrantes de una cadena carbonada.

Ejemplo:



$$\underset{}{CH_3}—\underset{NH_2}{\underset{|}{CH}}—\underset{NH_2}{\underset{|}{CH}}—CH_2—NH_2 \qquad \text{1,2,3-butanotriamina}$$

2. EJERCICIOS

I. **Formular:**

a) isobutilamina
b) metilvinilamina
c) 2-butenilamina
d) 3-amino-1-propino
e) N-etil-N-propilisopropilamina
f) ácido 3-aminopropanoico
g) 2,3-dimetilpentilamina
h) 2-amino-1-propanol
i) 1,2,4-pentanotriamina
j) 2,4-diaza-1-pentanol
k) 2-propinilamina
l) 2-aminometil-3-pentanona
m) N-etil-N′-metilhidrazina*
n) 2-etil-3-metil-1,4-butanodiamina

II. **Nombrar:**

a) $CH_3—CH_2—NH—\underset{CH_3}{\underset{|}{CH}}—CH_3$

b) $CH_2= \; CH—CH_2—NH—CH_2—CH_3$

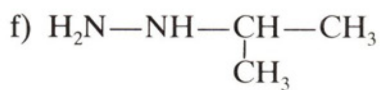
c) $CH_3—CH=CH—CH_2—NH_2$

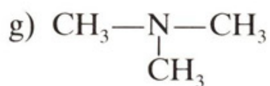
d) $HOOC—CH_2—CH_2—CH_2—NH_2$

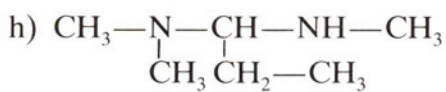
e) $CH_3—NH—O—NH—O—COOH$

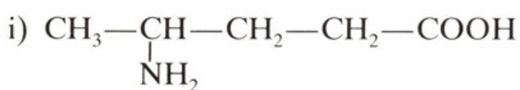
---

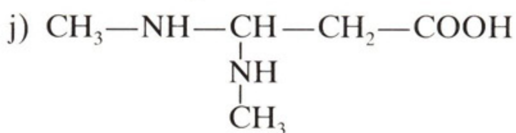
* En caso necesario diferenciaremos localizadores primando (′) alguno de ellos.

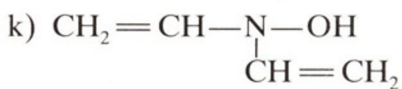
f) 

g) 

h) 

i) 

j) 

k) 

TEMA 24. FUNCIÓN AMIDA

1. AMIDAS

Las amidas son los compuestos que se obtienen al reemplazar grupos (OH) de los ácidos, por grupos NH_2.

Para nombrarlas, cambiaremos la terminación **oico** del ácido por la palabra **amida.**

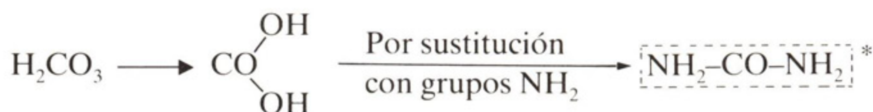
Grupo funcional	Fórmula general	Nomenclatura
$-C(=O)-NH_2$	$R-C(=O)-NH_2$	Nombre del ácido acabado en **amida**

Ejemplos:

Amida	N. sistemático	Fórmula semidesarrollada
$H-C(=O)-NH_2$	metanamida	$HCONH_2$ (No debe escribirse $CHONH_2$, ya que podría confundirse con un aldehído.)
$H_3C-C(=O)-NH_2$	etanamida (o acetamida)	CH_3-CONH_2
$H_2N-C(=O)-CH_2-C(=O)-NH_2$	propanodiamida	$CONH_2-CH_2-CONH_2$

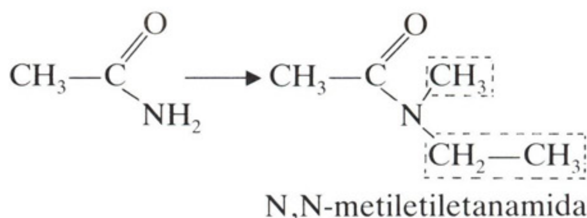
Observaciones:

— Como excepción en las amidas, citaremos la diamida del ácido carbónico (H_2CO_3); lleva dos grupos NH_2 en un mismo carbono oxigenado.



— Podremos encontrar sustituyentes sobre el átomo de nitrógeno en los grupos NH_2; para distinguir estos sustituyentes de los que aparecen sobre los átomos de carbono, emplearemos como localizador la inicial del nitrógeno (N). Para nombrar los compuestos a que dan lugar las sustituciones sobre el nitrógeno, indicaremos el nombre de los sustituyentes, seguidos del nombre de la amida.

Ejemplo:

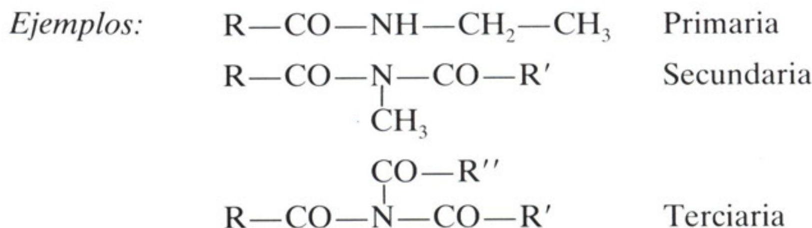


N,N-metiletiletanamida

— Como característico de las amidas, debemos resaltar el enlace entre átomos de nitrógeno y carbono.

— Por el número de grupos **acilo** (RCO—) que se enlacen con el nitrógeno se clasificarán en, primarias, secundarias y terciarias, o monoacilaminas, diacilaminas y triacilaminas.

Ejemplos:



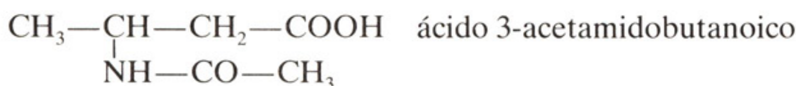
---

* Conocido por **metanodiamida** o por su nombre vulgar UREA (aceptado por la IUPAC).

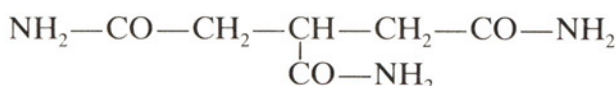
— En caso de no ser preferentes o existir más de un sustituyente, llamaremos:

- acetamido, al grupo (CH_3—CO—NH—)
- carbamoil o carboxamida, al grupo (—CO—NH_2).

Ejemplos:



ácido 3-acetamidobutanoico



3-carbamoilpentanodiamida
(o 1,2,3-propanotricarboxamida)

2. EJERCICIOS

I. **Formular:***

a) propanamida
b) diacetamida
c) N,N-dietilacetamida
d) 2-propenamida
e) 2,4-pentadiinamida
f) N-etildiacetamida
g) 5-carbamoilnonanodiamida
h) 2-etil-3-metilbutanamida
i) 2,3-butadienamida
j) N,N-dietilformamida
k) N-vinilbutiramida

II. **Nombrar:**

a) CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CO—NH_2
b) H_2N—CO—CH$=$CH—CO—NH_2

---

* Es muy frecuente utilizar el nombre vulgar de los ácidos para nombrar los radicales a que dan origen en la formación de amidas.

c) $CH_3—CH(CH_3)—CH_2—CO—NH—CH_2—CH_3$

d) $CH_3—CO—N(CO—CH_3)—CO—CH_3$

e) $CH_3—CO—NH—CH_2—CH_2—COOH$

f) $CH \equiv C—CH_2—CO—NH_2$

g) $H—CO—N(CH=CH_2)—CH=CH_2$

h) $CH_3—CH_2—CO—NH—CH_2—COOH$

i) $CH_3—CH_2—CH_2—N(CO—H)—CO—H$

j) $H_2N—CO—(CH_2)_3—CH(CO—NH_2)—(CH_2)_3—CO—NH_2$

k) $CH_3—CH_2—CH(HN—CO—CH_3)—CH_2—CH_2—COOH$

III. **Amplía conocimientos sobre aminas y amidas:**

— Describe propiedades generales y particulares de ellas.

— ¿Qué industrias las utilizan?

— ¿En qué lugares encuentras producciones de ellas?

— Sintetiza sistemas de elaboración.

PRÁCTICA

LAS SUSTANCIAS ORGÁNICAS CONTIENEN CARBONO E HIDRÓGENO

En el análisis de cualquier sustancia orgánica (azúcar, almidón...) siempre encontraremos carbono e hidrógeno.

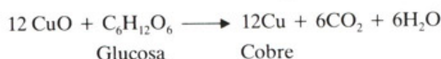
Pongamos en un tubo de ensayo unos gramos de la sustancia orgánica a analizar (por ejemplo azúcar) e igual cantidad de CuO.

Después de calentar la mezcla durante algunos minutos podremos observar que el agua de cal [$Ca(OH)_2$] contenida en el cristalizador, al combinarse con el CO_2 que desprende la sustancia orgánica en su descomposición por el calor, toma aspecto lechoso, se está formando carbonato cálcico.

También pueden apreciarse gotitas de agua en la parte superior del tubo de ensayo.

Reacciones que se producen:

— En el tubo de ensayo:



$$12\,CuO + C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 12Cu + 6CO_2 + 6H_2O$$

Glucosa — Cobre

— En el cristalizador:

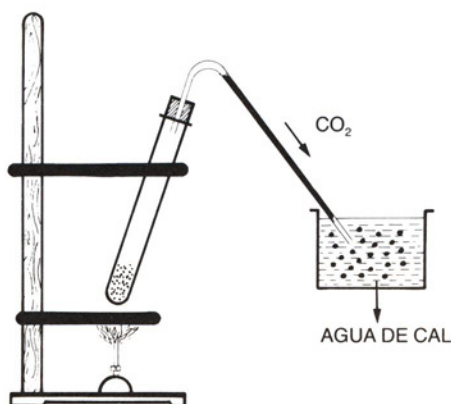


$$CO_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaCO_3 + H_2O$$

Conclusiones:

— En el cristalizador no había carbono (sólo agua de cal), y al final encontramos $CaCO_3$ que sí lo posee; debemos deducir que el **carbono** procede de la sustancia orgánica.

— En el tubo de ensayo podemos observar el cobre purificado (ha perdido el oxígeno); pero sabemos que el oxígeno es más pesado que el aire y por tanto no puede escapar, luego se ha debido combinar con el **hidrógeno** de la sustancia orgánica para formar las gotitas de agua.



TEMA 25. FUNCIÓN NITRILO, CIANUROS Y NITRODERIVADOS

1. FUNCIÓN NITRILO

En esta función se incluyen aquellos compuestos que portan el grupo funcional NITRILO (—C≡N), que por disponer de una valencia libre irá en los extremos de la cadena.

Los nitrilos, podemos decir, que proceden de reemplazar en una cadena carbonada los tres átomos de hidrógeno de un radical metilo por uno de nitrógeno.

En su nomenclatura, se expresa el nombre del hidrocarburo correspondiente, seguido de la palabra **nitrilo** (o dinitrilo).

Grupo funcional	Fórmula general	Nomenclatura
—C≡N	R—C≡N	Hidrocarburo-nitrilo (o dinitrilo)

Ejemplos:

Nitrilos	N. sistemático	N. vulgar	F. semidesarrollada
H—C≡N	metanonitrilo	ácido cianhídrico	HCN
CH_3—C≡N	etanonitrilo	acetonitrilo	CH_3—CN
N≡C—C≡N	etanodinitrilo	—	CN—CN
CH_2=CH—C≡N	2-propenonitrilo	—	CH_2=CH—CN

Observaciones:

— El grupo funcional nitrilo lo nombraremos como radical **ciano**, en aquellos casos en que existan en el compuesto a nombrar otras funciones (ácido, amida...) más complejas que él.
Cuando sea necesario indicaremos la posición del radical ciano.

Ejemplos: $COOH—CN$ cianometanoico $CONH_2—CH_2—CN$ cianoacetamida

— Al grupo (—C≡N) también se le llama **carbonitrilo** cuando se considera sustituyente del hidrógeno en cadenas carbonadas.

Ejemplos: $CH_3—CH_2—CH_2—CN$ **propano**carbonitrilo

$NC—CH(CN)—CH_2—CH_2—CN$ 1,1,3-**propano**tricarbonitrilo

2. CIANUROS

Se denominan así, a los derivados del ácido cianhídrico que se obtienen al sustituir el hidrógeno del ácido, por radicales o metales.

Se nombran como sales del ácido cianhídrico.

Ejemplos:

KCN	cianuro de potasio*
$Fe(CN)_2$	cianuro de hierro (II)
$Fe(CN)_3$	cianuro de hierro (III)
$CH_3—CN$	cianuro de metilo (o etanonitrilo)
$CH_3—CH_2—CH_2—CN$	cianuro de propilo (o butanonitrilo)

A continuación reseñamos otras funciones de uso frecuente en química orgánica que también portan C y N.

Grupo funcional	Nombre	
—CN	cianuro	↓ Prioridad en el orden de nomenclatura
—NC	isocianuro	
—OCN	cianato	
—NCO	isocianato	
—SCN	tiocianato	
—NCS	isotiocianato	

* Todos los cianuros son venenosos.

3. NITRODERIVADOS

Son hidrocarburos que en su molécula incluyen el grupo funcional NITRO (—NO_2).

Al contrario que en los nitrilos, para nombrarlos, se escribe en primer lugar el prefijo **nitro** (dinitro, trinitro...) y después el nombre del hidrocarburo.

En la mayor parte de los casos, deberá reflejarse la posición de los grupos NITRO. A estos grupos no se les considera prioritarios en su nomenclatura.

Grupo funcional	Fórmula general	Nomenclatura
—NO_2	R—NO_2	Nitro-hidrocarburo

Ejemplos:

Nitroderivado	N. sistemático	Fórmula semidesarrollada
$CH_3—NO_2$	nitrometano	CH_3NO_2
$CH_3—CH(NO_2)—CH_2—CH_3$	2-nitrobutano	$CH_3—CHNO_2—CH_2—CH_3$

4. EJERCICIOS

I. **Formular:**

a) 3-butenonitrilo
b) 2-etilbutanonitrilo
c) cianuro de plomo (IV)
d) nitroetano
e) 3-butinonitrilo
f) cianuro de isopropilo
g) 1,2-dinitropropano
h) propanodicarbonitrilo
i) ácido 2-cianopropanoico
j) 2-cianoacetato de etilo
k) 3,5-hexadiinonitrilo
l) 5-hexen-3-inonitrilo

II. **Nombrar:**

a) $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CN$

b) $CH_2=CH-CN$

c) $NC-CH_2-CH_2-CH_2-CN$

d) $Ba(CN)_2$

e) $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-\underset{\displaystyle NO_2}{\underset{|}{CH}}-CH_3$

f) $CH\equiv C-CN$

g) $CH_3-CH=CH-CH_2-CN$

h) $CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CO-CN$

i) $CH_3-O-CH_2-CH_2-CN$

j) $HOOC-CH_2-CH_2-CN$

k) $NC-CH_2-CH_2-CH_2-COO-CH_3$

l) $HOC-CH_2-CH_2-CN$

III. **Realiza un estudio de nitrilos, cianuros y nitroderivados que abarque:**

— Propiedades singulares y generales

— Utilidad industrial

— Procesos de obtención

TEMA 26. ANHÍDRIDOS Y HALUROS DE ÁCIDOS ORGÁNICOS Y COMPUESTOS DE AMONIO

1. ANHÍDRIDOS DE ÁCIDOS ORGÁNICOS

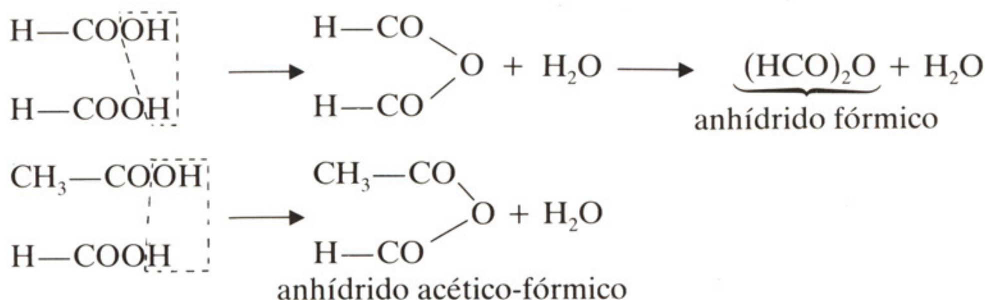
Son los compuestos que resultan de restar una molécula de agua a la unión de dos grupos carboxilos.

Se caracterizan por el grupo funcional (—CO—O—CO—).

En su nomenclatura es costumbre utilizar el nombre vulgar del ácido, y cambiar la palabra ácido por **anhídrido.**

Grupo funcional	Fórmula general	Nomenclatura
—CO—O—CO—	R —CO O R′—CO (R—CO—O—CO—R′)	**Anhídrido** – N. vulgar ácido

Ejemplos:

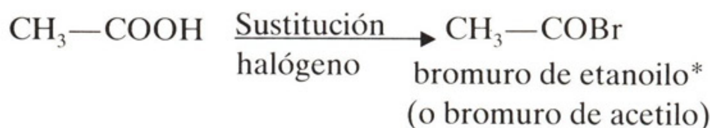


2. HALUROS DE ÁCIDO

Provienen de reemplazar por halógenos los grupos (OH) de la función ácido.

Se nombran escribiendo en primer lugar el halógeno al que se da la terminación **uro** y, después, el nombre sistemático o vulgar del ácido acabado en **ilo** (se cambia **ico** por **ilo**).

Ejemplo:



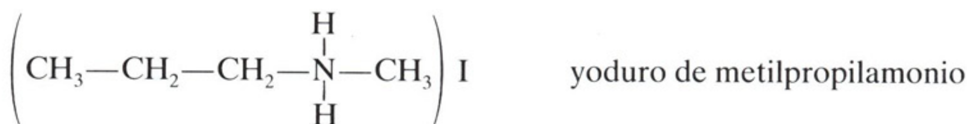
$CH_3—COOH \xrightarrow[\text{halógeno}]{\text{Sustitución}} CH_3—COBr$

bromuro de etanoilo*
(o bromuro de acetilo)

3. COMPUESTOS DE AMONIO

Se obtienen por unión de un catión con un anión; el anión puede ser cualquiera, y el catión debe ser el resultante de sustituir hidrógenos del amonio (NH_4^+) por radicales orgánicos. Se nombra en primer lugar el anión y a continuación el catión del amonio correspondiente.

Ejemplos:



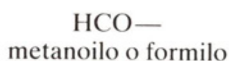
$(CH_3—CH_2—CH_2—NH_2—CH_3)\,I$ yoduro de metilpropilamonio



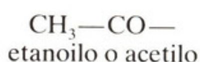
$(CH_3—NH(CH_3)—CH_3)\,OH$ hidróxido de trimetilamonio

* A los radicales de origen ácido (R—COOH) se les llama radicales ACILO.

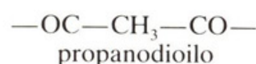
Ejemplos:



HCO—
metanoilo o formilo



$CH_3—CO—$
etanoilo o acetilo



$—OC—CH_2—CO—$
propanodioilo

4. EJERCICIOS

I. **Formular:**

a) anhídrido propiónico
b) cloruro de acetilo
c) fluoruro de dietilamonio
d) anhídrido bis (yodofórmico)
e) cloruro de butirilo
f) anhídrido bis (3,3-dicloropropiónico)

II. **Nombrar:**

a) $(CH_3—CO)_2O$
b) $CH_3—CH_2—COF$
c) $(CH_2I—CHI—CO)_2O$
d) $CBr_3—COBr$
e) $CH_2F—COI$
f) $CH_3—CH_2—O—COBr$
g) $\left[\begin{array}{l} CH_3—\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{N}}H—CH_2—CH_3 \end{array}\right]OH$

TEMA 27. COMPUESTOS CÍCLICOS O DE CADENA CERRADA

1. INTRODUCCIÓN

Estos compuestos se originan al enlazarse los carbonos extremos de una cadena lineal.

El cerrar la cadena implica reducir en dos el número de hidrógenos, uno en cada extremo de la cadena.

Ejemplos:

Compuesto lineal	Compuesto cíclico
$CH_3—CH_2—CH_2—CH_3$	CH_2 H_2C CH_2 CH_2
$CH_2=CH—CH=CH—CH=CH_2$	CH HC CH * HC CH CH

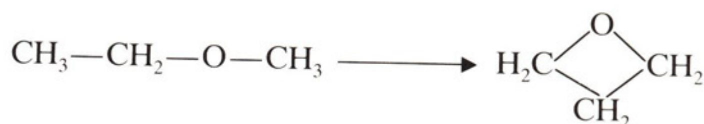
A las cadenas cerradas se las suele llamar:

— **Homocíclica:** Si todos los enlazantes son átomos de carbono. Es el caso de las dos cadenas anteriores.

— **Heterocíclica:** Si participan átomos distintos a los de carbono en la constitución del ciclo.

* Las líneas interiores del hexágono representan dobles enlaces.

Ejemplo:

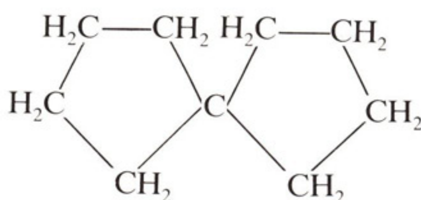


Dependiendo del número de anillos o ciclos que porte el compuesto, las podemos subdividir en:

— **Monocíclicas:** Para su representación sólo es necesario un anillo. Son las estudiadas hasta ahora.

— **Policíclicas:** Formadas por más de un anillo.

Ejemplo:





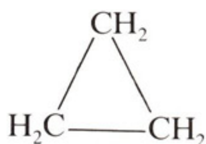
representación simplificada

2. CICLOALCANOS

Forman este grupo de compuestos, aquellos hidrocarburos cíclicos que responden a la fórmula general $(CH_2)_n$.

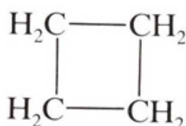
En su nomenclatura, se antepone la palabra **ciclo** al nombre del hidrocarburo de cadena abierta del que proceden.

Los primeros términos de esta serie son:



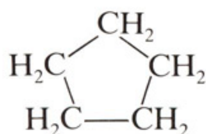


ciclopropano



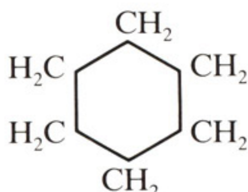


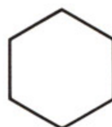
ciclobutano





ciclopentano





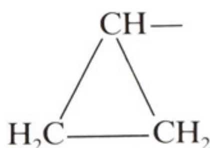
ciclohexano

Radicales cicloalquilos

Son cicloalcanos que portan carbonos con alguna valencia sin saturar.

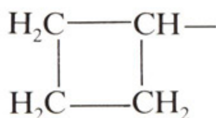
Se nombran cambiando la terminación **ano** del hidrocarburo abierto de procedencia, por **ilo**, o **il** (cuando el radical forma parte de un compuesto).

Ejemplos:





ciclopropilo





ciclobutilo

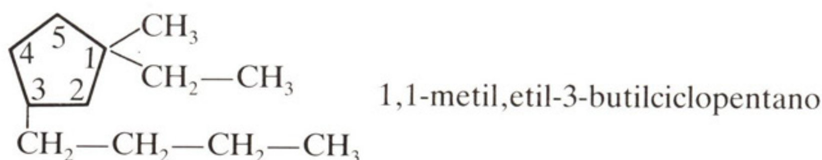
Cicloalcanos sustituidos

En los compuestos cíclicos se pueden producir sustituciones de hidrógenos de forma similar a la llevada a cabo en los acíclicos.

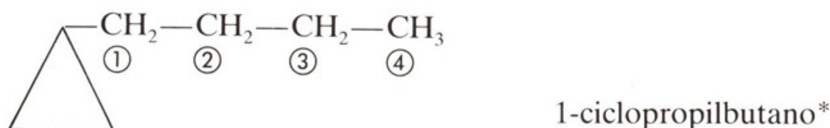
Nos encontraremos con casos en los que será preciso la numeración del ciclo, para lo cual seguiremos el sentido de las agujas del reloj, asignando los dígitos más bajos posibles.

Los nombraremos como derivados del compuesto cíclico, salvo en aquellos casos en que alguna sustitución esté constituida por un número de carbonos «superior» a los contenidos en el ciclo.

Ejemplos:



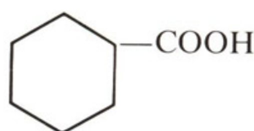
1,1-metil,etil-3-butilciclopentano



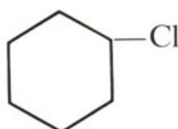
1-ciclopropilbutano*



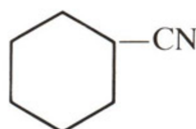
metilciclobutano



ácido ciclohexanocarboxílico



cloruro de ciclohexilo



cianuro de ciclohexilo
(o ciclohexanocarbonitrilo)

3. CICLOALQUENOS Y CICLOALQUINOS

Se denominan así a los compuestos cíclicos que portan dobles o triples enlaces carbono-carbono en su anillo.

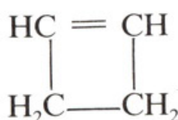
Para escribir su nombre, sustituiremos la terminación **ano** del cicloalcano correspondiente por:

eno Si en el ciclo existe un doble enlace
adieno Si en el ciclo existen dos dobles enlaces
....

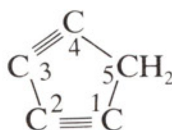
* Hemos numerado la cadena lineal para nombrar el compuesto como derivado del butano (con radical ciclopropil).

ino	Si en el ciclo existe un triple enlace
adiino	Si en el ciclo existen dos triples enlaces
....	....

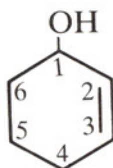
Ejemplos:



ciclobuteno



1,3-ciclopentadiino*



2-ciclohexen-1-ol

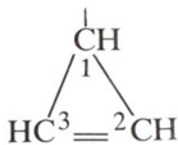
Radicales

Los cicloalquenos y cicloalquinos pueden dar origen a dos tipos de radicales:

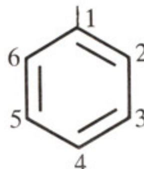
— **Monovalentes:**

Se numera su ciclo comenzando por el carbono que tiene la valencia sin saturar y se les da nombre cambiando la terminación del hidrocarburo de que proceden por: **enilo, dienilo...; inilo, diinilo...**

Ejemplo:



2-ciclopropenilo



1,3,5-ciclohexatrienilo**

---

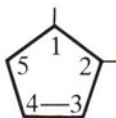
* La numeración de ciclos se comienza por aquel carbono que ha sustituido alguno de sus hidrógenos por funciones, enlaces múltiples..., de forma que se haga corresponder con los menores dígitos.

** Formando parte del compuesto se le llama FENIL. Más conocido por su nombre vulgar FENILO.

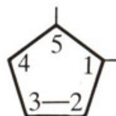
— **Bivalentes:**

La numeración del ciclo la haremos de forma que los dígitos que correspondan a los carbonos con valencia libre formen la menor cifra posible. Para nombrarlos, reemplazaremos las terminaciones **eno, dieno, etc., ino, diino, etc.,** por **en-ileno, dien-ileno, etc., in-ileno, diin-ileno, etc.,** separadas por los números correspondientes a las valencias libres.

Ejemplos:



3-ciclopenten-1,2-ileno



2-ciclopenten-1,5-ileno
(No es correcto, ya que 15 es mayor que 12)



2,4,6-ciclohexatrien-1,4-ileno*

* Su nombre vulgar es FENILENO

TEMA 28. HIDROCARBUROS AROMÁTICOS

1. BENCENO

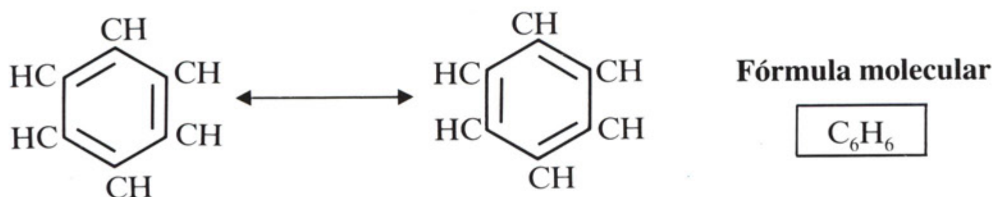
Este grupo de hidrocarburos está constituido por el benceno y todos los compuestos que por sustitución de sus hidrógenos se deriven de él.

Debido al agradable olor que desprenden se les conoce con el nombre de aromáticos, aunque su nombre genérico es el de ARENOS.

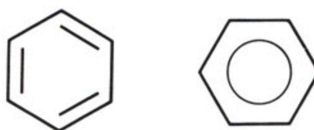
El principal y, al mismo tiempo el más simple compuesto de la serie es el BENCENO.

Estructura del Benceno

Desde 1865 es conocida la estructura de Kekulé, representada por un anillo de seis carbonos con 3 dobles enlaces «alternados».



Las representaciones simplificadas son:



Para estudiar los derivados del benceno los dividiremos en tres grandes grupos

Bencenos monosustituidos:

Son el resultado de reemplazar algún hidrógeno del benceno por radicales. Para nombrarlos se expresa el nombre del radical seguido de la palabra benceno. El nombre vulgar de muchos de estos compuestos suele estar bastante arraigado en la nomenclatura orgánica.

Ejemplos:

Bencenos monosustituidos	N. sistemático	N. vulgar	F. semidesarrollada
CH_3	metilbenceno	tolueno	$C_6H_5—CH_3$
$-CH=CH_2$	vinilbenceno	estireno	$C_6H_5—CH=CH_2$
OH	hidroxibenceno	fenol	—
$-NH_2$	aminobenceno (fenilamina)	anilina	—
COOH	ácido benceno-carboxílico*	ácido benzoico	—
$-CH_2—CH_2—CH_3$	propilbenceno	—	—
CN	benzonitrilo*	—	—
-Cl	clorobenceno (cloruro de fenilo)	—	—

* Los sustituyentes (COOH) y (CN) originan compuestos que se nombran como funciones ácido y nitrilo respectivamente.

Bencenos bisustituidos:

Si se sustituyen dos hidrógenos del benceno, pueden resultar tres estructuras:

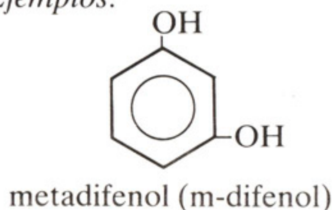
I. Que los sustituyentes se encuentren en carbonos **contiguos:** para reflejar tal situación, se antepone el vocablo **orto** (o) al nombre de los radicales y a continuación se escribe la palabra benceno.

Ejemplos:

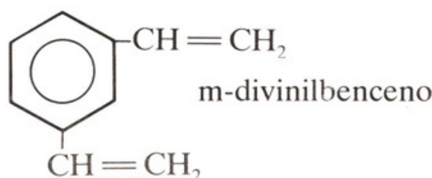
Bencenos bisustituidos	N. sistemático	Fórmula semidesarrollada
OH OH	ortodifenol* (o-difenol)	orto-$C_6H_4(OH)_2$
Cl CH_3	o-clorometil-benceno	orto—Cl—C_6H_4—CH_3
OH COOH	o-hidroxibenzoico (ácido salicílico)	—
$COOCH_3$ COOH	ácido acetil-salicílico**	—

II. Que las sustituciones se hagan dejando un carbono intermedio sin sustituir; lo indicaremos empleando el prefijo **meta** (m).

Ejemplos:



metadifenol (m-difenol)



m-divinilbenceno

* Debe incluirse el prefijo ORTO para no confundirlo con el META y PARA difenol.

** Conocido vulgarmente por ASPIRINA.

III. Entre los sustituyentes quedan dos carbonos sin ser sustituidos. Para dar nombre a tal estructura, utilizaremos el prefijo **para** (p).

Ejemplos:



paranitroaminobenceno
(p-nitroaminobenceno)



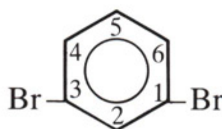
p-diclorobenceno



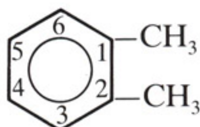
p-difenol*

También podemos nombrar las bisustituciones numerando los carbonos del anillo bencénico. Se asignará el número «uno», al sustituyente que dé lugar a la menor cifra posible.

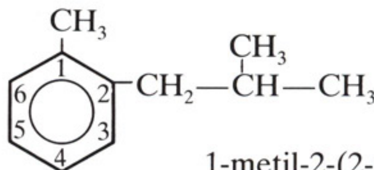
Ejemplos:



1,3-dibromobenceno
(Es la menor cifra)



1,2-dimetilbenceno**



1-metil-2-(2-metilpropil) benceno

---

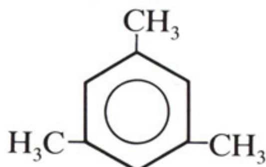
* Conocido vulgarmente por HIDROQUINONA.

** Conocido por 1,2-XILENO [u ORTOXILENO]. También nos podremos encontrar con el 1,3 y 1,4-XILENO.

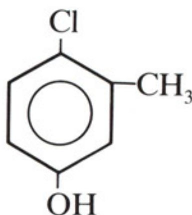
Bencenos polisustituidos:

En este apartado incluiremos los derivados del benceno que porten más de dos radicales. En estos compuestos es necesario localizar los sustituyentes.

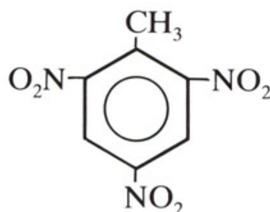
Ejemplos:



1,3,5-trimetilbenceno o mesitileno



1,2,4-clorometilfenolbenceno



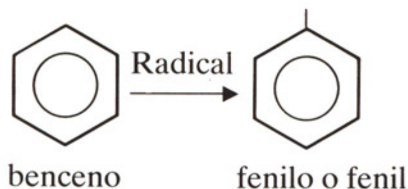
2,4,6-trinitrotolueno (TNT)

Radicales bencénicos

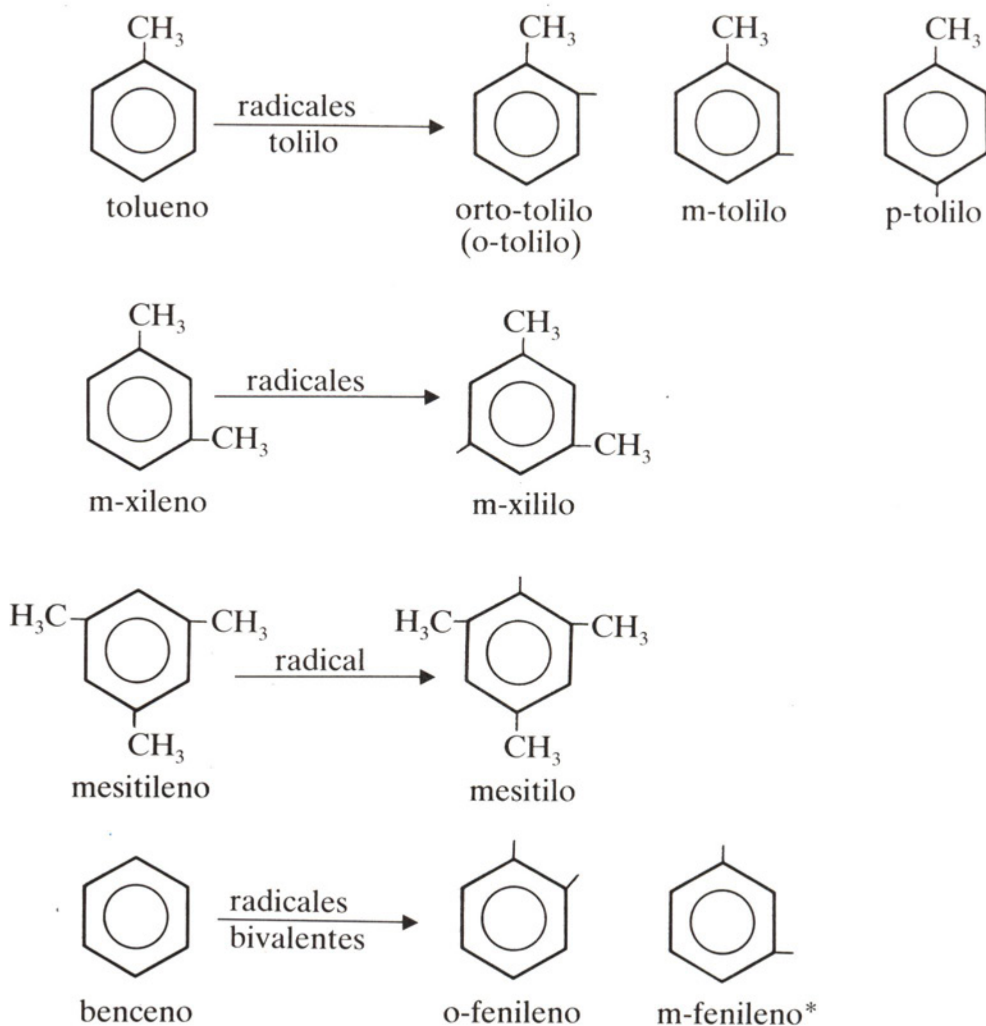
Proceden de anillos que tienen valencias sin saturar en algunos de sus carbonos.

Su nombre se escribe cambiando la terminación del hidrocarburo que los origina, por **ilo** o **il**. Si fuese necesario numerar el anillo, asignaríamos el número uno al carbono con la valencia libre.

Ejemplos:



benceno fenilo o fenil



También pueden presentarse casos en los que la valencia libre no se encuentre en los carbonos del anillo, sino en los de alguna rama lateral. Estos radicales los nombraremos como radicales dobles, es decir, escribiendo en primer lugar el nombre del **anillo**-radical (acabado en **il**) y después la **cadena**-radical (acabada en **ilo**).

---

* Se les da terminación **eno** (como si se tratase del fenil con un doble enlace).

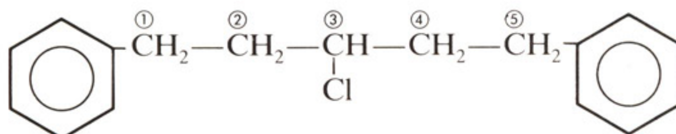
Ejemplos:

Radicales	N. sistemático / N. vulgar	F. semidesarrollada
CH_2—	fenilmetilo (o ciclohexanometilo)/ bencilo	C_6H_5—CH_2—
—CO—	fenilcarbonilo (o ciclohexanocarbonilo)/ benzoilo	C_6H_5—CO—
—O—	fenoxi*	C_6H_5—O—
—CH—	difenilmetilo/ benzhidrilo	$(C_6H_5)_2$—CH—
CH=CH—	fenilvinilo/ estirilo	C_6H_5—CH=CH—

Los radicales aquí estudiados nos pueden servir de soporte para nombrar algunos hidrocarburos aromáticos como derivados de hidrocarburos lineales.

Ejemplos:





fenilmetano (tolueno) 1,5-difenil-3-cloropentano

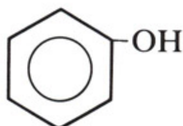
---

* Ya habíamos visto que los radicales oxigenados se contractan.

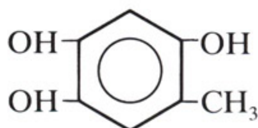
2. FENOLES

Tienen su origen, en el reemplazamiento de hidrógenos pertenecientes a carbonos de estructuras polinucleares o al benceno, por grupos hidroxilos (OH). Sus nombres acaban en **ol** (igual que los alcoholes).

Ejemplos:



fenol



2-metil-1,4,5-bencenotriol

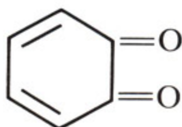


4,5-xilenol

Observación:

Si los fenoles se someten a un proceso de oxidación, se obtienen dicetonas cíclicas a las que se denomina QUINONAS. En las quinonas no todos los anillos son aromáticos, ya que debe observarse la tetravalencia de los carbonos.

Ejemplo:



orto-benzoquinona

3. EJERCICIOS

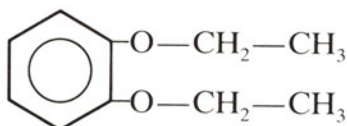
I. **Formular:**

a) nitrobenceno
b) 1,3,5–bencenotriol
c) ciclohexilamina
d) m-metoxianilina
e) 2,3-diaminobenceno
f) radical benciloxi
g) difenilo
h) benzoato de potasio

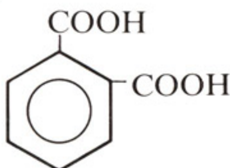
i) bromuro de benzoilo
j) cianuro de fenilo
k) radical benzamido
l) N-metilbenzamida
m) fenolato de potasio
n) dibenzamida
o) isocianato de fenilo
p) bromuro de ciclohexanocarbonilo
q) ácido m-acetamidobenzoico
r) perbromobenceno
s) fenilbencil éter
t) N-fenilacetamida
u) ácido 2,4,6-trinitrobenzoico
v) ciclohexanona
w) 1,3-bencenodiol
x) N,N-dimetilbenzamida
y) difenilamina
z) p-metoxibenzoico

II. **Nombrar:**

a)



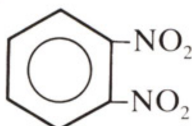
b)



c)



d)



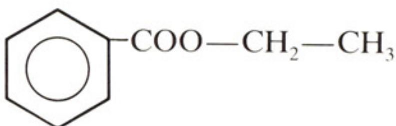
e)



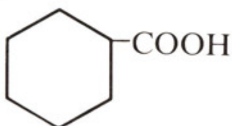
f)



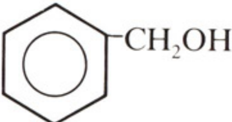
g)



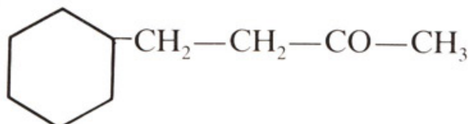
h)



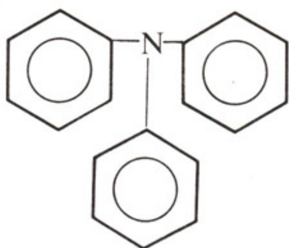
i)



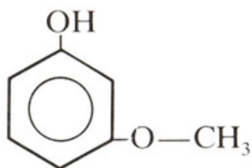
j)



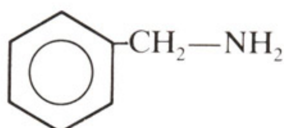
k)



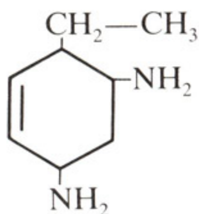
l)



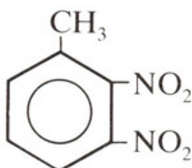
m)



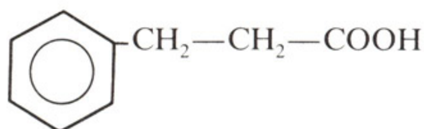
n)



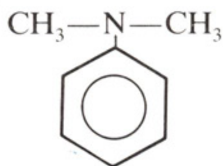
o)



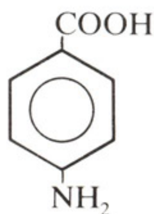
p)



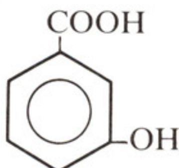
q)



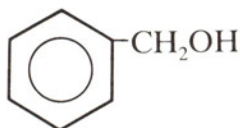
r)



s)



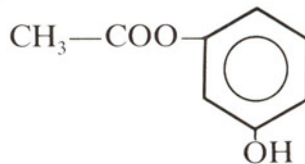
t)



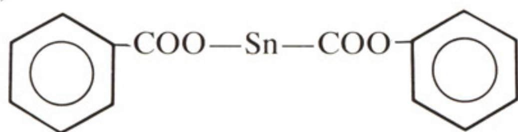
u)



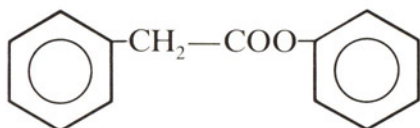
v)



w)



x)



y)



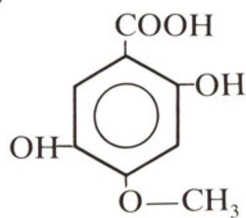
z)



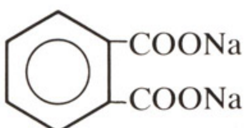
A)



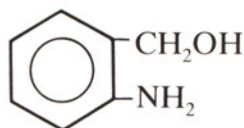
B)



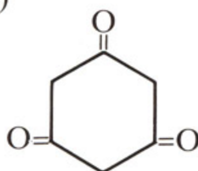
C)



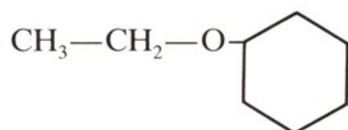
D)



E)



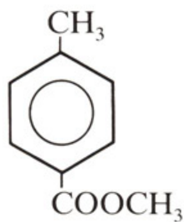
F)



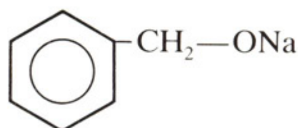
G)



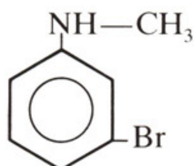
H)



I)



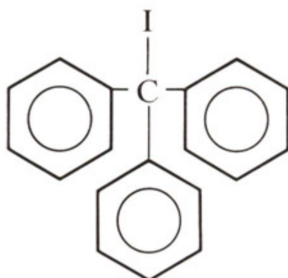
J)



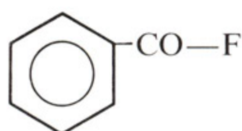
K)



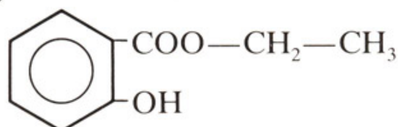
L)



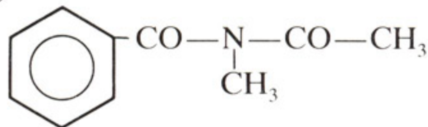
M)



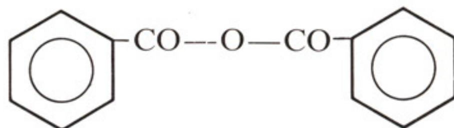
N)



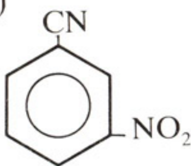
O)



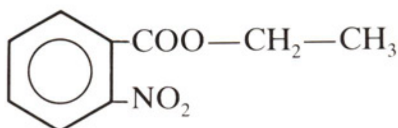
P)



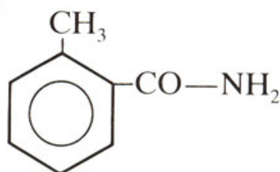
Q)



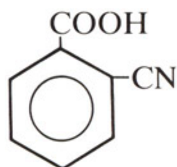
R)



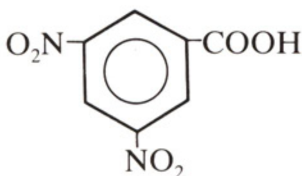
S)



T)



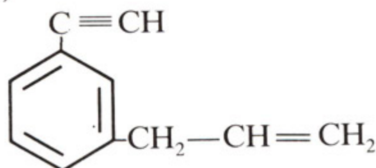
U)



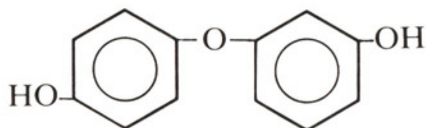
V)



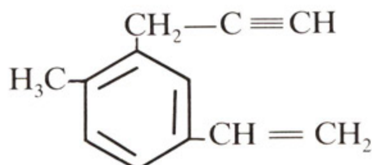
W)



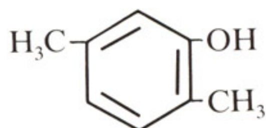
X)



Y)



Z)



III. **Completa conocimientos sobre el benceno y sus derivados:**

— Describe características generales y particulares de ellos.

— ¿Qué industrias los aprovechan para fabricar sus productos?

— ¿Dónde se encuentran industrias de producción?

— Resume procesos de obtención.

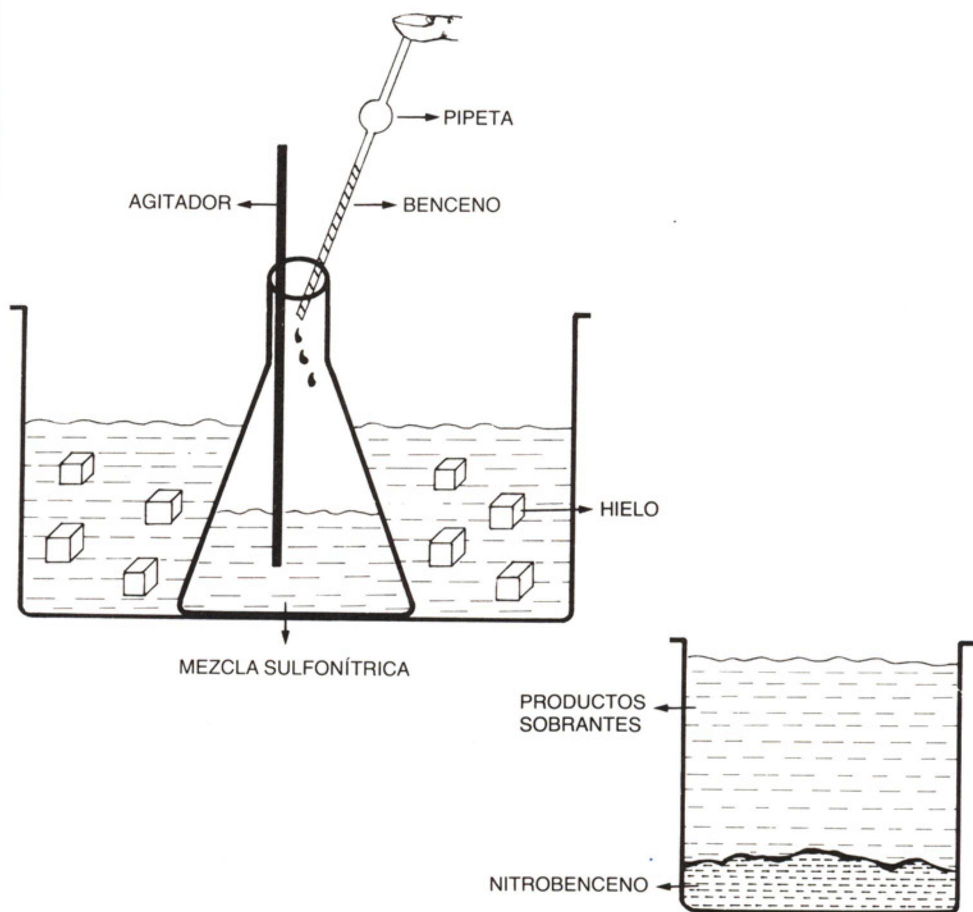
PRÁCTICA

PREPARACIÓN DE NITROBENCENO

En un erlenmeyer, refrigerado por agua con hielo, se pone una mezcla sulfonítrica (5 cm^3 de H_2SO_4 y 10 cm^3 de HNO_3 fumante) a la que se añaden, lentamente y agitando, 10 cm^3 de benceno con una pipeta.

Cuando desaparece la coloración parduzca de la mezcla, el contenido del erlenmeyer se vierte sobre un vaso de precipitados que contenga un poco de agua, así obtendremos un líquido oleoso que se deposita en el fondo de la disolución.

Al decantar la disolución, en el vaso nos queda una sustancia que desprende un olor penetrante similar al de las almendras amargas; es el nitrobenceno.



TEMA 29. HIDROCARBUROS POLICÍCLICOS

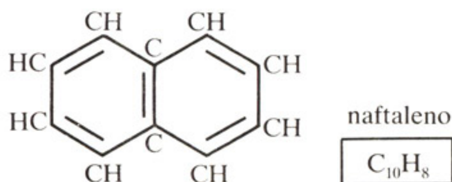
1. INTRODUCCIÓN

Denominaremos así, a las complejas estructuras que resultan de unirse entre sí varios núcleos bencénicos*.

El nombre de estos hidrocarburos acaba en **eno**, siendo los primeros de la serie conocidos por su nombre vulgar.

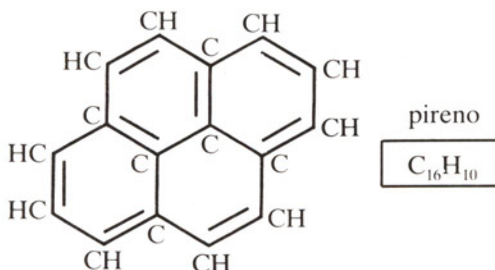
Hasta familiarizarnos con ellos es recomendable emplear la representación de anillos que porten los dobles enlaces alternados.

Ejemplos:



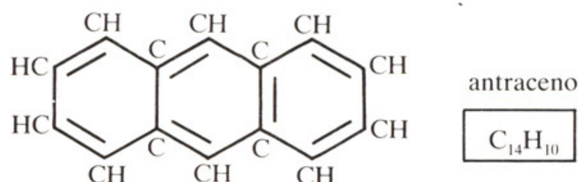
naftaleno

$C_{10}H_8$



pireno

$C_{16}H_{10}$



antraceno

$C_{14}H_{10}$

---

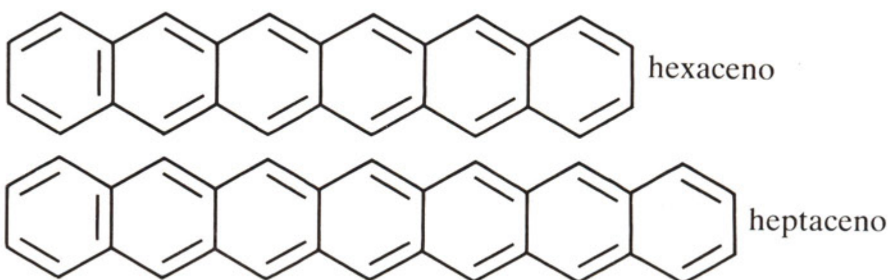
* En los hidrocarburos policíclicos sólo uno de los núcleos bencénicos lleva tres dobles enlaces, y el resto uno o dos, para que así se conserve la tetravalencia del carbono.

En la nomenclatura sistemática de este tipo de hidrocarburos, distinguiremos dos tipos de agrupamientos de los anillos:

a) **En cadenal lineal:**

Expresaremos el prefijo que indique el número de anillos terminado en **aceno**.

Ejemplos:



b) **Sin forma definida:**

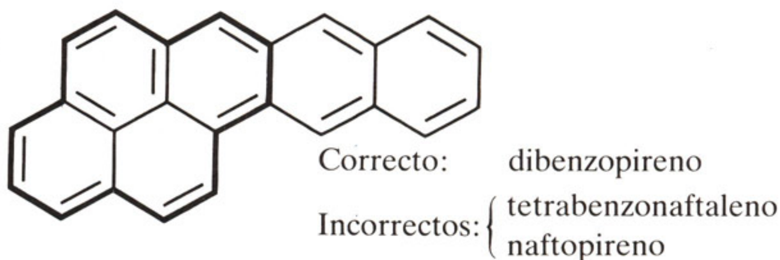
Para escribir el nombre de estos compuestos tendremos que diferenciar en ellos:

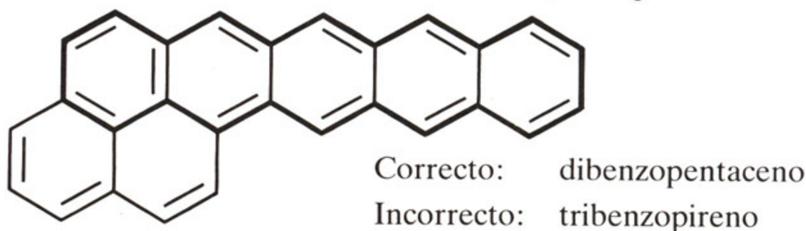
— Una parte básica, que debe identificarse con la estructura del hidrocarburo policíclico conocido de mayor número de anillos posible*.

— Otra parte secundaria, constituida por los restantes anillos, estos desempeñan el papel de sustituyentes.

Una vez establecida la diferencia, los nombraremos como derivados del hidrocarburo base.

Ejemplos:





* Hemos remarcado el contorno de la parte básica del hidrocarburo.

A los sustituyentes (radicales) los denominaremos de la forma en que estemos acostumbrados, salvo los originados por hidrocarburos con nombre vulgar, en cuyo caso utilizaremos su nombre abreviado; BENZO, NAFTO, ANTRA, FENANTRO...; según procedan del benceno, naftaleno, antraceno, fenantreno...

Las estructuras de los policiclos deben representarse de forma que los hexágonos queden con el vértice hacia arriba.

2. NUMERACIÓN DE POLICICLOS

Los hidrógenos de los compuestos policíclicos también pueden ser reemplazados por funciones orgánicas, por lo que, para poder reflejar en qué carbono se encuentra una función será necesario numerar los policiclos.

Para llevar a cabo su numeración, seguiremos estos criterios:

— Aquellos átomos de carbono que no estén ligados a ningún hidrógeno, no se numeran, ya que no podrán dar lugar a sustituciones.

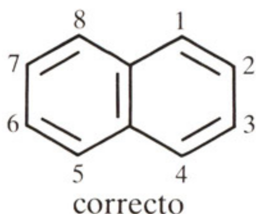
— Para asignar el número uno, elegiremos ciclo y carbono:

Ciclo: El situado más alto y más a la derecha del policiclo.

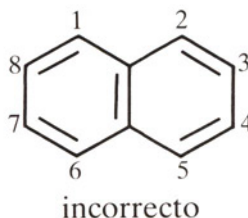
Carbono: El más bajo localizado en el lado vertical izquierdo del anillo seleccionado. Si en esta vertical no hubiese carbonos ligados a hidrógenos, tomaríamos el carbono situado en la parte superior derecha del ciclo elegido.

— Los sucesivos números corresponderán a los carbonos que vayamos encontrando al recorrer la estructura en el sentido de las agujas del reloj.

Ejemplo: (Para el naftaleno)



correcto

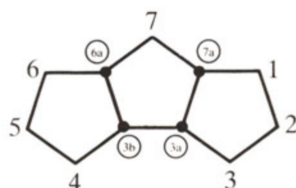


incorrecto

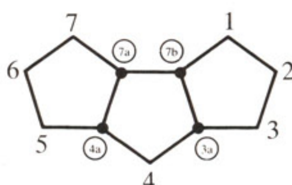
En policiclos con anillos no bencénicos pueden producirse sustituciones en carbonos que pertenezcan a **dos o más** ciclos; en la numeración de estos átomos aplicaremos las siguientes reglas:

— Los designaremos con el número del carbono que los precede, al que se adjuntará una letra minúscula, tomada ésta por orden alfabético en caso de ser repetitivo el dígito.
— Si un compuesto admite varias estructuras, a los átomos comunes a varios ciclos les haremos corresponder la numeración que nos dé la menor cifra posible; para escribir la cifra, seguiremos el sentido de las agujas del reloj comenzando por el carbono inferior derecho.
— A los carbonos situados en el interior del policiclo se les asigna el dígito más alto posible.

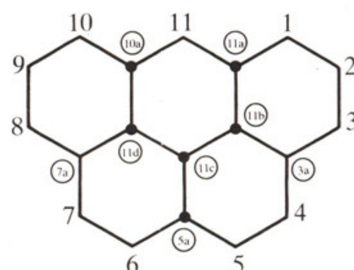
Ejemplos:



3367 correcto



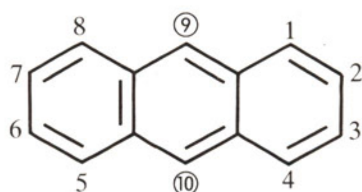
3477 incorrecto



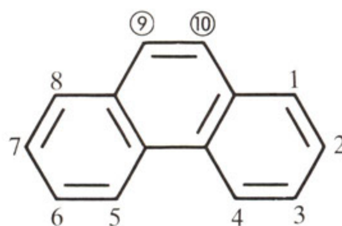
correcto

Excepción:

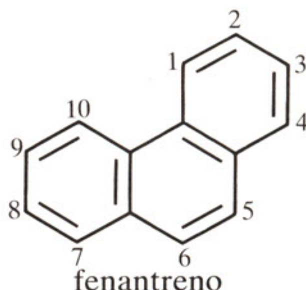
Aunque no se ajustan a las reglas estudiadas, excepcionalmente se admiten como válidas estas estructuras del antraceno y fenantreno*:



antraceno



fenantreno



fenantreno

* La estructura del fenantreno está constituida por tres ciclos unidos por un lado y no alineados.

3. RECONOCIMIENTO DE ESTRUCTURAS

Al intentar reflejar la representación geométrica de un compuesto policíclico nos pueden resultar varias estructuras que respondan a su composición, y plantearnos entonces el problema de ¿cuál de ellas es la correcta?

Resolver el problema exige una serie de normas en el proceso de investigación; éstas son las siguientes:

— Trazar dos ejes rectangulares sobre la estructura, de forma que, el horizontal «atraviese» y «deje» por encima de él, el mayor número de ciclos posible, y el normal coincida con el lado vertical derecho del hexágono situado en el extremo izquierdo del eje horizontal.

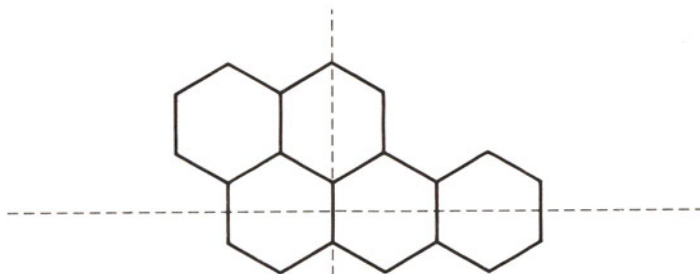
— Una vez trazados, la representación correcta será aquella que incluya el máximo número de anillos en el cuadrante superior derecho.

— Si esta condición la cumpliesen dos o más representaciones, tomaríamos como correcta aquélla que contenga el máximo número de anillos sobre el eje horizontal.

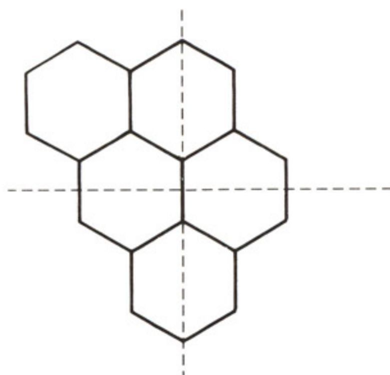
Aplicación:

¿Cuál de las representaciones de las figuras (I, II, III) es la correcta?

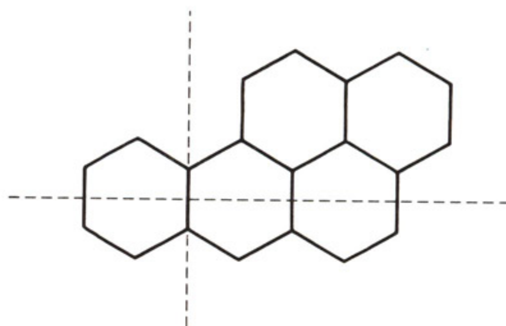
(I)



(II)



(III)



La representación correcta es la (III).

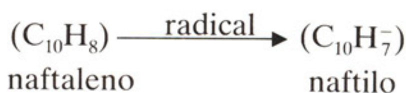
4. RADICALES POLINUCLEARES

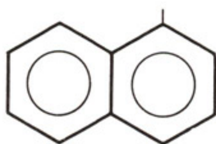
Son policiclos con valencias por saturar en algún/os carbono/s.

Para nombrarlos se expresa el nombre contractado del hidrocarburo de procedencia acabado en **ilo** o **il**.

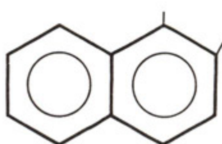
Debe indicarse el localizador de las valencias libres.

Ejemplos:





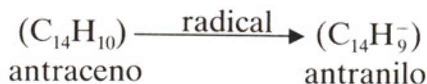
1-naftilo

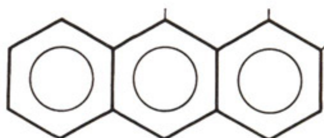


1,2-naftilo

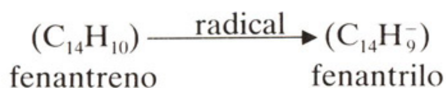


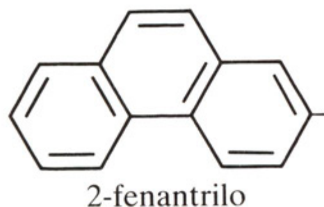
3-naftiloxi





1,2,9-antranilo





2-fenantrilo

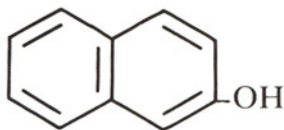
5. EJERCICIOS

I. **Formular:**

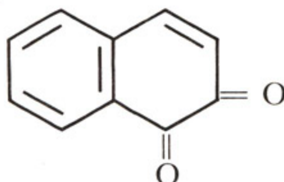
a) 3-naftiloxi
b) 2-etilnaftaleno
c) 2,7-dicloronaftaleno
d) 2-aminofenantreno
e) 3-etoxinaftaleno
f) 9-antrol
g) 3,4-fenantrodiol
h) 1,2-naftoquinona
i) ácido naftalencarboxílico

II. **Nombrar:**

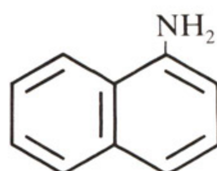
a)



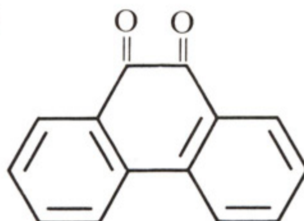
b)



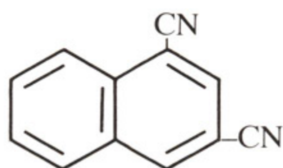
c)



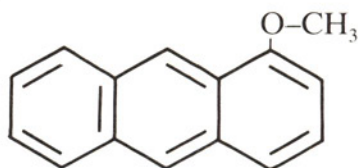
d)



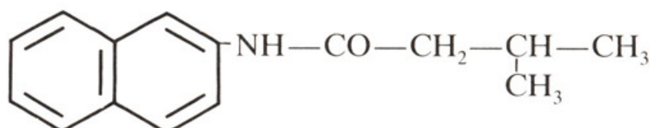
e)



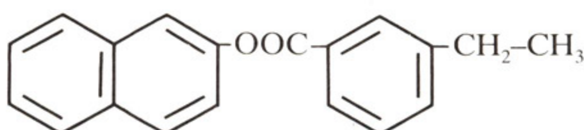
f)



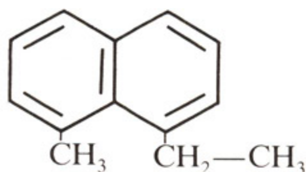
g)



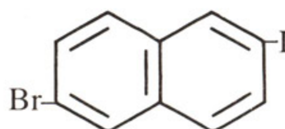
h)



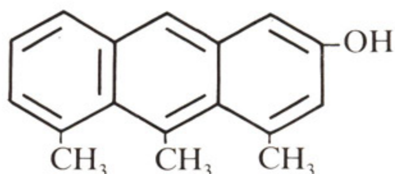
i)



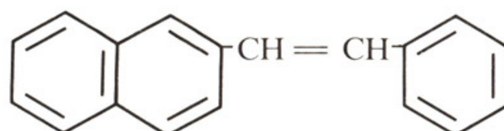
j)



k)



l)



III. **Amplía conocimientos sobre hidrocarburos policíclicos:**

— Anota propiedades singulares y generales.

— Interés industrial de este tipo de hidrocarburos.

— ¿Dónde encuentras industrias de producción?

— Sintetiza procesos de obtención.

APÉNDICE

I. ORDEN DE PRIORIDAD EN LA NOMENCLATURA DE FUNCIONES ORGÁNICAS

— Ácidos, tioácidos
— Anhídridos, ésteres, haluros de ácido, amidas
— Nitrilos, isocianuros
— Aldehídos, tioaldehídos
— Cetonas, tiocetonas
— Alcoholes, fenoles, tioalcoholes, tiofenoles
— Aminas, hidrazinas
— Éteres, tioéteres



II. NOMENCLATURA DERIVADA

Aunque no suele ser frecuente encontrarnos con nombres de estructuras orgánicas escritos en nomenclatura derivada, creemos de interés reseñar al menos sus líneas fundamentales, para lo cual, las aplicaremos a hidrocarburos y alcoholes.

Este sistema de nomenclatura considera a los compuestos orgánicos derivados de un reducido grupo de ellos, a los que supone básicos.

Para su estudio debemos conocer perfectamente los radicales, ya que trabajaremos basándonos en ellos.

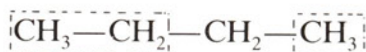
— **Alcanos** (o de simple enlace):

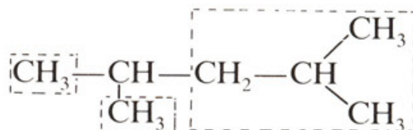
Toman como compuesto base el METANO.

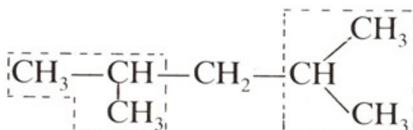
Para nombrarlos se elige arbitrariamente un carbono de la cadena, y se suponen sus valencias saturadas por RADICALES o hidrógeno; a continuación se expresan los nombres de los radicales y la palabra METANO.

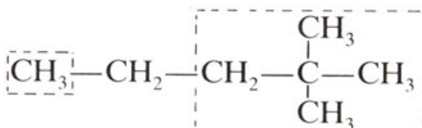
Ejemplos:

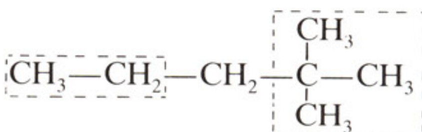

dimetilmetano (en lugar de propano)


etilmetilmetano (en lugar de butano)


isobutildimetilmetano


diisopropilmetano


metilneopentilmetano


etiltercbutilmetano

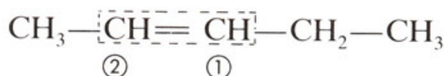
Observación:

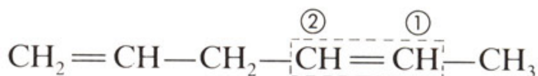
La nomenclatura derivada nos permite dar nombre a un número limitado de compuestos, ya que cuando éstos poseen ramificaciones secundarias, terciarias, etc., resulta difícil encontrar nombre a los radicales.

— **Alquenos** (o de doble enlace):

Se nombran tomando como compuesto básico el eteno o ETILENO y, se siguen las mismas reglas del apartado anterior*.

Ejemplos:


1-etil-2-metiletileno


2-alil-1-metiletileno

* El número de alquenos que podemos nombrar por este sistema es reducido.

— **Alquinos** (o de triple enlace):

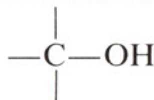
Se diferencian de los anteriores en que su cuerpo base es el etino o ACETILENO.

Ejemplos: $CH_2{=}CH{-}C{\equiv}C{-}CH_3$ metilvinilacetileno

$CH_3{-}C{\equiv}C{-}CH_2{-}C(CH_3)_2{-}CH_3$ metilneopentilacetileno

— **Función alcohol:**

Para los alcoholes el componente básico es el radical carbinol:



En su nomenclatura se expresa el nombre de los radicales y, al final, el vocablo carbinol.

Ejemplos: $CH_3{-}CH(OH){-}CH_2{-}CH_3$ etilmetilcarbinol

$(CH_2)_2CH{-}CH_2{-}OH$ ciclopropilcarbinol

SOLUCIONES A LOS EJERCICIOS

TEMA 3. HIDRUROS

I.

— AlH_3
— SnH_4
— HI
— H_2Te
— KH
— AuH_3
— PtH_2
— CrH_6
— GeH_2
— AuH
— AgH
— BaH_2

II.

— bromuro de hidrógeno
— trihidruro de nitrógeno
— trihidruro de antimonio
— hidruro de rubidio
— diselano
— hidruro de boro (o borano)
— sulfuro de hidrógeno
— dihidruro de hierro
— tetrahidruro de platino
— trisilano
— cloruro de hidrógeno
— trihidruro de hierro
— seleniuro de hidrógeno
— dihidruro de cinc
— diarsano

III.

— F
— V
— V
— F
— F

TEMA 4. ÓXIDOS

I.

- Cs_2O
- Bi_2O_3
- Ag_2O
- I_2O_5
- RaO
- Br_2O_5
- TeO_3
- I_2O_7
- Ga_2O_3
- PtO_2
- As_2O_3
- SrO

II.

- difluoruro de oxígeno
- óxido de estaño (IV)
- dióxido de silicio
- óxido de níquel (II)
- óxido de berilio
- dióxido de selenio
- óxido de litio (I)
- dióxido de plomo
- trióxido de selenio
- óxido de estaño
- trióxido de diantimonio
- óxido de germanio

III.

- F
- V
- F
- V

TEMA 5. PERÓXIDOS

I.

- Hg_2O_2
- HgO_2
- Cr_2O_6
- Fe_2O_6
- Au_2O_2, Au_2O_6
- BaO_2
- CoO_2
- Ga_2O_6
- CrO_2
- SnO_4
- SnO_2
- VO_2, V_2O_6, VO_4, V_2O_{10}

II.

- peróxido de litio
- peróxido de platino
- dióxido de berilio
- hexaóxido de níquel (III)
- peróxido de calcio
- dióxido de rubidio (I)
- tetraóxido de manganeso
- peróxido germanioso
- dióxido de dicesio
- decaóxido de vanadio (V)
- peróxido cobáltico
- tetraóxido de plomo (IV)

TEMA 6. COMPUESTOS BINARIOS SIN H Y SIN O

I.

— Ag_2S
— $NiCl_3$
— GaI_3
— Fe_2S_3
— Ni_3S_2
— IBr
— LiCl
— SeI_2
— GeS
— $SrBr_2$
— GeS_2
— TeSe

II.

— pentasulfuro de difósforo
— yoduro de nitrógeno (III)
— diyoduro de hierro (II)
— cloruro de plata
— tetrafluoruro de silicio
— bariuro de oro
— pentacloruro de bismuto
— cloruro de rubidio
— triseleniuro de diboro
— diyoduro de azufre
— telururo de cinc
— sulfuro de hierro

TEMA 7. IONES

CATIONES

I.

— Mn^{2+}
— CS^{2+}
— H_2Cl^+
— SeO_2^{2+}
— OF^+
— Ca^{2+}
— Zn^{2+}
— Cr^{3+}
— AsH_4^+

II.

— catión bromo
— ión nitrosilo
— ión selenonio
— ión aluminio
— ión nitrilo
— ión cobre (II)
— ión dioxoantimonio (V)
— ión bromonio
— ión oxoboro (III)

ANIONES:

III.

— $S_2O_5^{2-}$
— Br^-
— BO_3^{3-}
— PbO_2^{2-}
— PO_2^-
— As^{3-}
— AlO_3^{3-}
— PbO_4^{4-}
— SnO_4^{4-}
— Te^{2-}
— $S_2O_2^{2-}$
— ZnO_2^{2-}

IV.

— ión boruro
— ión tetraoxoseleniato (VI)
— ión tetraoxocromato (VI)
— ión { hidrogenosulfuro o / sulfhidrilo (posee H)
— ión heptaoxodifosfato (V)
— ión antimoniuro
— ión tiosulfato
— ión dicromato
— ión bromato
— ión ortoarsenito
— ión permanganato
— ión { bicarbonato o / carbonato ácido (posee H)

V.

Átomo característico		Valencia
N	....	III
Se	....	II
N	....	V
Sb	....	V
Br	....	I
B	....	III

Átomo característico		Valencia
Se	....	VI
Cr	....	VI
{ H	....	I (positiva)
S	....	II (negativa)
P	....	V
S	....	II

Átomo característico		Valencia
Cr	....	VI
Br	....	V
As	....	V
Mn	....	VII
C	....	IV

TEMA 8. OXOÁCIDOS

I.

— H_3AsO_3
— H_2TeO_3
— HIO
— H_2SeO_4
— H_3PO_3
— H_2TeO_4
— H_2NO_2
— $H_2S_2O_5$
— H_2SeO_3

— $HBrO_4$
— H_5IO_6
— $H_5P_3O_{10}$
— $HMnO_4$
— HVO_3

II.

Sistemática

— heptaoxotetraborato (III) de hidrógeno
— hexaoxoyodato (VII) de hidrógeno
— dioxosulfato (II) de hidrógeno
— hexaoxotelurato (VI) de hidrógeno
— dioxonitrato (II) de hidrógeno
— trioxohidrurofosfato (III) de hidrógeno*
— tritioarseniato (III) de hidrógeno
— dioxodinitrato (I) de hidrógeno
— pentaquistrioxofosfato (V) de hidrógeno
— heptaoxodiantimoniato (V) de hidrógeno
— cianurotio de hidrógeno
— trioxobismutato (V) de hidrógeno
— dioxofosfato (I) de hidrógeno
— nonaoxotrivanadato (V) de hidrógeno
— tetraoxonitrato (VII) de hidrógeno
— dioxofosfato (III) de hidrógeno

Funcional

— ácido tetrabórico
— ácido ortoperyódico
— ácido sulfoxílico
— ácido ortotelúrico
— ácido nitroxílico
— ácido fosfónico
— ácido tritioarsénico
— ácido hiponitroso
— ácido pentametafosfórico
— ácido piroantimónico o diantimónico
— ácido tiociánico
— ácido bismútico
— ácido ortohipofosforoso
— ácido trimetavanádico
— ácido pernítrico o peroxonítrico
— ácido metafosforoso

TEMA 9. HIDRÓXIDOS O BASES

I.

— $Fe(OH)_2$
— $Fe(OH)_3$
— $Zn(OH)_2$
— $B(OH)_3$
— $Sn(OH)_4$
— $Au(OH)_3$
— $Ba(OH)_2$
— $Au(OH)$
— $Pt(OH)_2$
— $Co(OH)_3$
— $Ni(OH)_2$
— $Cr(OH)_3$
— $Pt(OH)_4$
— $Cu(OH)$
— $Co(OH)_2$

* El compuesto debe su carácter ácido sólo a los hidrógenos situados a su izquierda.

II.

— hidróxido de cromo (II)
— hidróxido de rubidio
— dihidróxido de cobre
— dihidróxido de estaño
— hidróxido niquélico
— hidróxido de manganeso (II)
— hidróxido cádmico
— hidróxido alumínico
— dihidróxido de estroncio
— hidróxido germánico
— hidróxido argéntico
— hidróxido de berilio (II)
— hidróxido de magnesio (II)
— hidróxido germanioso
— trihidróxido de galio

TEMA 10. SALES

I.

— Na_2CrO_4
— $NiPO_4$
— $KMnO_4$
— $(NH_4)HS$
— $Mg(OH)Cl$
— $Ga(OH)S$
— $Na_2Cr_2O_7$
— $Pb(CO_3)O$
— Cu_2F_2O
— $Ba(OH)(NO_3)$
— $Cu(IO_3)(OH)$
— $Ni_2(CO_3)_3$
— Na_2WO_4
— $AgNO_3$
— $Fe(BO_2)_2$
— $Ca_3(PO_4)_2$

II.

— permanganato de amonio
— bis [yodato (V)] de cobalto (II)
— nitrato (III) de radio
— hidrógeno carbonato de calcio
— hidrógeno sulfuro de berilio
— hidrógeno yodato (VII) de cobre (II)
— yoduro-sulfato (VI) de aluminio
— bromuro-nitrato (III) de calcio
— sulfato (IV) de plata-potasio
— clorato potásico
— hidrógeno sulfuro (II) de plata
— cloruro-dihidróxido de hierro (III)
— trioxomanganato (IV) de manganeso (II) o manganito manganoso
— dicloruro-hidróxido de aluminio
— trioxonitrato (V) de potasio o salitre o nitrato potásico
— bis [trioxonitrato (V)] de calcio o nitrato de cal o de Noruega
— dihidróxido-sulfuro de plomo (IV)
— tris [dioxonitrato (III)] de hierro (III)

TEMA 11. COMPLEMENTOS

I.

— $CaBr_2 \cdot 3NH_3$
— $2SnCO_3 \cdot 5H_2O$
— $[Cu(S_2O_3)_2]^{2-}$
— $[Hg(ONO)_5(CO)_2]^{3-}$
— $[FeCl_3(NH_3)_3]$
— $K_3[Ni(NO_2)_6]$
— $[Ag(ONO)_5]^{4-}$
— $[Co(H_2O)_2]Br_3$

II.

— sulfuro de hidrógeno-agua (6/12)
— cianuro de cobre (II)-cianuro de sodio (2/3)
— nitrato de triamminacobre (II)
— ión disulfurotioníquel (III)
— ión triaquahidroxohierro (III)
— hidróxido de cianohierro (III)
— diaquatriyodocromo (III) pentahidratado
— pentabromoplatinato (II) de hidrógeno
— hexayodoplatinato (IV) amónico

III.

— $\begin{cases} S_2\text{: cero} \\ S\text{: } 2- \\ Ni\text{: } 3+ \end{cases}$

— $\begin{cases} NO_3\text{: } 1- \\ NH_3\text{: cero} \\ Cu\text{: } 2+ \end{cases}$

— $\begin{cases} OH\text{: } 1- \\ CN\text{: } 1- \\ Fe\text{: } 3+ \end{cases}$

— $\begin{cases} CO\text{: cero} \\ Ni\text{: cero} \end{cases}$

— $\begin{cases} H_2O\text{: cero} \\ ONO\text{: } 1- \\ Hg\text{: } 2+ \end{cases}$

— $\begin{cases} NO_2\text{: } 1- \\ Br\text{: } 1- \\ Pt\text{: } 4+ \\ H\text{: } 1+ \end{cases}$

TEMA 12. AJUSTE DE ECUACIONES

1. $4HCl + O_2 \rightleftarrows 2Cl_2 + 2H_2O$
2. $Cl_2 + H_2S \rightleftarrows 2HCl + S$
3. $3Cl_2 + 2Fe \rightleftarrows 2FeCl_3$

4. $Cl_2 + 2NaBr \rightleftharpoons 2NaCl + Br_2$

5. $2FeCl_3 + SnCl_2 \rightleftharpoons 2FeCl_2 + SnCl_4$

6. $4FeO + O_2 \rightleftharpoons 2Fe_2O_3$

7. $2K + 2H_2O \rightleftharpoons 2KOH + H_2$

8. $3SO_2 + 2H_2O + 2HNO_3 \longrightarrow 3H_2SO_4 + 2NO$

9. $4HNO_3 + 3Ag \longrightarrow 3AgNO_3 + NO + 2H_2O$

10. $4NH_3 + 5O_2 \longrightarrow 4NO + 6H_2O$

11. $4HNO_3 + 3C \longrightarrow 4NO + 3CO_2 + 2H_2O$

12. $C + 2KNO_3 \longrightarrow CO_2 + 2KNO_2$

13. $Cl_2 + Na_2SO_3 + H_2O \longrightarrow Na_2SO_4 + 2HCl$

14. $Cu + 2H_2SO_4 \longrightarrow SO_2 + CuSO_4 + 2H_2O$

15. $2Cl_2 + As_2O_3 + 5H_2O \longrightarrow 4HCl + 2H_3AsO_4$

16. $4HCl + MnO_2 \longrightarrow Cl_2 + MnCl_2 + 2H_2O$

17. $3MnO_4^- + 24H^+ + 5Fe \longrightarrow 3Mn^{2+} + 12H_2O + 5Fe^{3+}$

18. $NO_3^- + 3Fe^{2+} + 4H^+ \longrightarrow NO + 3Fe^{3+} + 2H_2O$

19. $2H_2SO_4 + S \longrightarrow 3SO_2 + 2H_2O$

20. $4HNO_3 + C \longrightarrow CO_2 + 4NO_2 + 2H_2O$

21. $14HCl + K_2Cr_2O_7 \longrightarrow 3Cl_2 + 2CrCl_3 + 2KCl + 7H_2O$

22. $H_2S + H_2SO_4 \longrightarrow SO_2 + S + 2H_2O$

23. $3Cu + 8HNO_3 \longrightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$

24. $MnO_2 + 2FeSO_4 + 2H_2SO_4 \longrightarrow MnSO_4 + Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O$

25. $10NaBr + 2KMnO_4 + 8H_2SO_4 \longrightarrow 5Br_2 + 2MnSO_4 + 5Na_2SO_4 + K_2SO_4 + 8H_2O$

26. $10FeSO_4 + 2KMnO_4 + 8H_2SO_4 \longrightarrow 5Fe_2(SO_4)_3 + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 8H_2O$

27. $Cr_2O_7^{2-} + 6I^- + 14H^+ \longrightarrow 2Cr^{3+} + 3I_2 + 7H_2O$

28. $K_2Cr_2O_7 + 2Al + 7H_2SO_4 \longrightarrow Al_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O$

29. $2NaIO_3 + 5NaHSO_3 + H_2SO_4 \longrightarrow 5NaHSO_4 + Na_2SO_4 + I_2 + H_2O$

30. $2MnO_2 + Na_2CO_3 + 3NaNO_3 \longrightarrow 2NaMnO_4 + 3NaNO_2 + CO_2$

31. $5KNO_2 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \longrightarrow 5KNO_3 + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 3H_2O$

32. $8HNO_3 + 3Hg \longrightarrow 3Hg(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$

33. $2KMnO_4 + I_2 + 4HCl \longrightarrow 2KIO_3 + 2MnCl_2 + 2H_2O$

34. $2Ca_3(PO_4)_2 + 6SiO_2 + 10C \longrightarrow 6CaSiO_3 + P_4 + 10CO$

35. $3KNO_3 + 2MnO_2 + 2KOH \longrightarrow 3KNO_2 + 2KMnO_4 + H_2O$

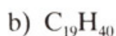
36. $4P + 3H_2O + 3KOH \longrightarrow PH_3 + 3KH_2PO_2$

TEMA 14. FUNCIÓN HIDROCARBURO

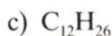
I.



a) $C_{15}H_{32}$



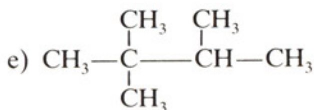
b) $C_{19}H_{40}$

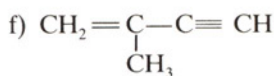


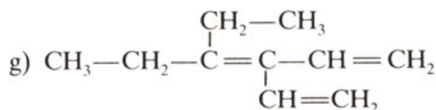
c) $C_{12}H_{26}$

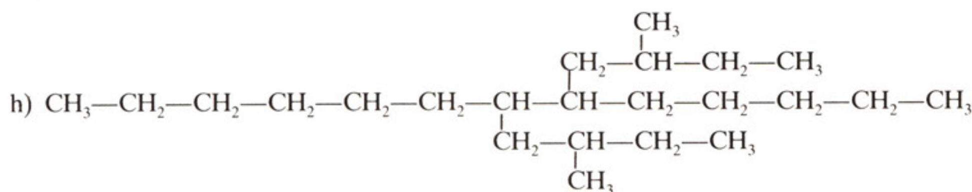


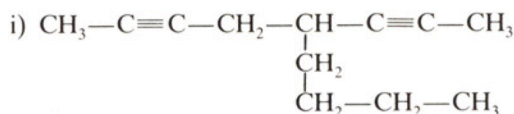
d) $C_{20}H_{42}$

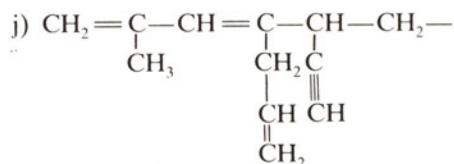
e) 

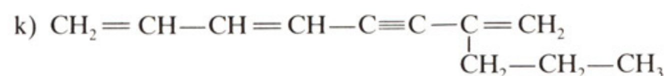
f) 

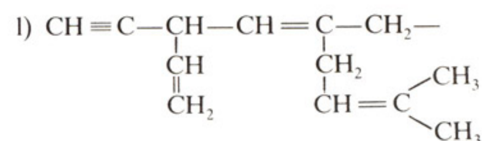
g) 

h) 

i) 

j) 

k) 

l) 

II.

a) undecano

b) tridecano

c) 1-penten-3-ino

d) 3-etil-1,4-pentadiino

e) 2-isopropil-1,3-hexadieno

f) propilo

g) isopropenilacetileno

h) 2,3-dimetilpentano

i) 3-etil-4-isopropil-3-hepteno

j) propinilo

k) 4,5-bis (isopropil) nonano

l) bien → butano
   mal → 1-metilpropano (se trata de una única cadena)

m) mal → 2-etilpentano
   bien → 3-metilhexano (elegimos la cadena más larga)

n) 2,2,3,6,6-pentametiloctano

o) radical 1-etil-5 (2,2-dimetilpropil)-8-isopropilundecilo

p) 4-alil-1,2,5,6-heptatetraeno

TEMA 15. FUNCIÓN ÁCIDO ORGÁNICO

I.

a) $CH_3—C(—CH_3)_2—COOH$

b) $CH_2=C(—CH_3)—COOH$

c) $HOOC—CH_2—CH(—COOH)—CH_2—COOH$

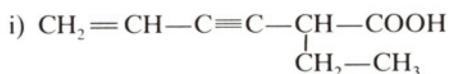
d) $HOOC—(CH_2)_5—COOH$

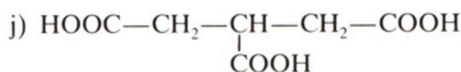
e) $CH_3—(CH_2)_2—C\equiv C—CH_2—COOH$

f) $C(—CH_3)_3—COOH$

g)
$$\begin{array}{lllll} & & & & COOH \\ & & & & | \\ HOOC— & CH—CH_2— & CH—CH_2— & & CH—COOH \\ & | & | & & \\ & COOH & CH_2—CH_2—COOH & & \end{array}$$

h)
$$\begin{array}{lll} CH_2=C= & C—CH= & C—COOH \\ & | & | \\ & CH_2—CH_3 & CH_3 \end{array}$$


i) $CH_2{=}CH{-}C{\equiv}C{-}CH(CH_2{-}CH_3){-}COOH$


j) $HOOC{-}CH_2{-}CH(COOH){-}CH_2{-}COOH$

II.

a) hexanoico
b) 2,2-dimetilbutanoico
c) 4-etil-2,4-hexadienoico
d) 4-etil-2-hexindioico
e) 2,3-dicarboxibutanodioico
f) 3-pentinoico
g) ácido metanocarboxílico o ác. etanoico
h) ácido 3-hexen-5-inoico
i) ácido 2-butenoico
j) ácido etanodioico o ác. oxálico
k) 3-metil-4-vinil-4-heptenoico
l) ácido 2-carboxibutanodioico
m) ácido 1,1,3-butanotricarboxílico
n) ácido 2,4-hexanodiinodioico

TEMA 16. FUNCIÓN ALCOHOL

I.

a) $HOCH_2{-}CH_2{-}CHOH{-}CH_2{-}CH_3$
b) $CH_2{=}CH{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2OH$
c) $CH_2{=}COH{-}CH_2OH$
d) $CH_2OH{-}CH{=}CH{-}CHOH{-}C({-}CH_3){=}CH_2$
e) $C({-}CH_3)_3OH$
f) $CH_3{-}CH_2{-}CHOH{-}CH_3$
g) $CH_3{-}CHOH{-}COOH$
h) $HC{\equiv}C{-}CH{=}CH{-}CH_2OH$
i) $CH_2OH{-}CHOH{-}CH{=}CH{-}CH_2OH$

II.

a) 2-metil-2-propanol
b) 3,3-dimetil-1-butanol
c) 3,3-bishidroximetil-1-butanol
d) 2-etil-2-buten-1-ol
e) 3-penten-2-ol
f) 4-etil-2,4-pentadien-1-ol
g) alcohol alílico o 2-propen-1-ol
h) 1,3-butanodiol
i) 4-isopropil-2-hexen-5-in-1-ol
j) 3-etil-2,4-dihidroxibutanoico
k) 2,3-dihidroxibutanodioico (ácido tartárico)
l) ácido 3,3-hidroxicarboxipentanodioico (ácido cítrico)

TEMA 17. FUNCIÓN ALDEHÍDO

I.

a) $CH_2{=}CH{-}CHO$

b) $CH_3{-}C{\equiv}C{-}CH_2{-}CH{=}CH{-}CHO$

c) $OHC{-}C{\equiv}C{-}CH_2{-}CHO$

d) $$\begin{array}{l} CH_3{-}CH_2{-}\underset{|}{C}H{-}CHO \\ \phantom{CH_3{-}CH_2{-}}CH_2{-}CH_2{-}CH_3 \end{array}$$

e) $$\begin{array}{l} OHC{-}CH_2{-}\underset{|}{C}H{-}\underset{|}{C}H{-}CH_2{-}CHO \\ \phantom{OHC{-}CH_2{-}}CHO\ \ CHO \end{array}$$

f) $$\begin{array}{l} CH_2{=}C{=}CH{-}\underset{|}{C}H{-}CHO \\ \phantom{CH_2{=}C{=}CH{-}}CH_2{-}CH_3 \end{array}$$

g) $$\begin{array}{l} OHC{-}\underset{|}{C}H{-}CH_2{-}\underset{|}{C}H{-}CHO \\ \phantom{OHC{-}}CHO\qquad\ CHO \end{array}$$

h) $$\begin{array}{l} HC{\equiv}C{-}CH_2{-}CH_2{-}\underset{|}{C}H{-}CHO \\ \phantom{HC{\equiv}C{-}CH_2{-}CH_2{-}}CH_2{-}CHO \end{array}$$

i) $$\begin{array}{l} OHC{-}CH_2{-}\underset{|}{C}H{-}CH_2{-}CHO \\ \phantom{OHC{-}CH_2{-}}O{-}CH_3 \end{array}$$

j) $$\begin{array}{l} CH_3{-}CHOH{-}\underset{|}{C}H{-}CHO \\ \phantom{CH_3{-}CHOH{-}}CH_2{-}CH_3 \end{array}$$

II.

a) 3-etil-4-hexinal
b) 3,4-dihidroxibutanal (preferente el aldehído)
c) 4-etinil-2,5-hexadienal
d) 4-(2-formiletil) octanodial
e) 6-metil-4-(2-formiletil) heptanodial
f) 2-metil-4-(1-formil-2-propinil) hexanodial
g) ácido 2-formilbutanodioico
h) 2,2-etoximetiletanal
i) tridecanal
j) 2-metil-4-pentenal

TEMA 18. FUNCIÓN CETONA

I.

a) $CH_3—CH_2—CO—CH_2—CH_2—CH_3$
b) $CH_2=CH—CH_2—CO—CH_3$
c) $CH_3—C\equiv C—CO—CH_2—CH_3$
d) $HOOC—CO—CO—CO—CH_2—COOH$
e) $CH_2=CH—CO—CH_2—CH_3$
f) $CH_3—CHOH—CO—CHOH—CH_2—CH_3$
g) $CH_3—CO—CO—\underset{|}{C}H—CH_2—CH_3$
CH_3 (sobre el CH)
h) $HOOC—CH_2—CH(CHO)—CO—CH(CHO)—COOH$
i) $HC\equiv C—CO—CO—CH=CH_2—CH_3$
j) $CH_3—CO—CH(CH_2—CH_2—CH_3)—CH_2—CO—CO—CH_3$

II.

a) 3,6-heptadien-2,5-diona
b) 2-pentanona
c) metilisopropildicetona
d) 3-metoxi-2,5-hexadiona
e) 3-isopropil-4-heptanona

f) 1,4-pentadien-3-ona

g) 3,4-dioxopentanal (más complejo el aldehído)

h) 5-hexin-2,3-diona

i) ác. 4-oxo-3-formilpentanoico

j) 5-propil-2,3,6-heptanotriona

k) 3-etil-3-penten-2-ona

TEMA 19. FUNCIÓN SAL ORGÁNICA

I.

a) $CH_3—COOK$

b) $LiOOC—CH_2—COOLi$

c) $CH_3—CH_2ONa$

d) $(CH_3—CH_2—COO^-)_3\,Au$

e) $(COO^-—COO^-)_2\,Pb$

f) $CH_3—CH_2—COOK$

g) $CH_3—CH_2—CH_2ONa$

h) $(CH_3—CH_2—CH_2—CH_2O^-)_2\,Ca$

i) $CH_3—CH_2—CH_2—COOCu$

j) $KOOC—CH(CH_2—CH_3)—CH_2—COOK$

k) $(HOOC—COO^-)_2\,Ni$

l) $(CH_3—COO^-)_2\,Mg$

II.

a) metanolato de rubidio

b) diacetato de níquel (II)

c) 2-metilbutanoato de sodio

d) trihidrógenopropanodioato de hierro (III)

e) butenodioato de sodio

f) butanolato de berilio

g) hidrógenoetanodioato de cobre (I)

h) propóxido de platino (IV)

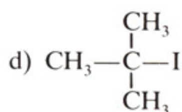
TEMA 20. DERIVADOS HALOGENADOS

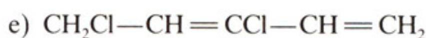
I.


a) $CH_3-CHBr-CH_2Br$

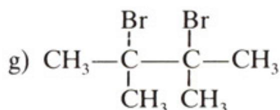

b) $CHBr_3$

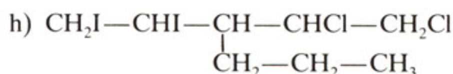

c) $CH_2Cl-CH=CH_2$

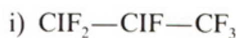

d)
$$\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CH_3-C-I \\ | \\ CH_3 \end{array}$$

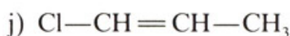

e) $CH_2Cl-CH=CCl-CH=CH_2$


f) CH_2Br_2

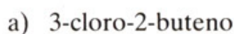

g)
$$\begin{array}{ccccccc} & & Br & & Br & & \\ & & | & & | & & \\ CH_3 & - & C & - & C & - & CH_3 \\ & & | & & | & & \\ & & CH_3 & & CH_3 & & \end{array}$$

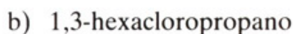

h)
$$\begin{array}{l} CH_2I-CHI-CH-CHCl-CH_2Cl \\ | \\ CH_2-CH_2-CH_3 \end{array}$$

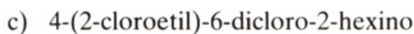

i) $ClF_2-ClF-CF_3$

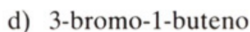

j) $Cl-CH=CH-CH_3$

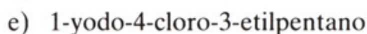
II.

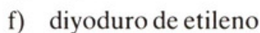

a) 3-cloro-2-buteno

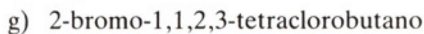

b) 1,3-hexacloropropano

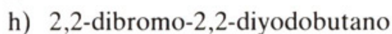

c) 4-(2-cloroetil)-6-dicloro-2-hexino

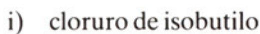

d) 3-bromo-1-buteno

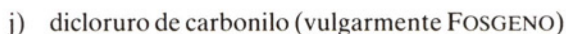

e) 1-yodo-4-cloro-3-etilpentano

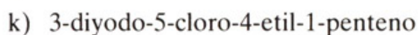

f) diyoduro de etileno

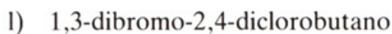

g) 2-bromo-1,1,2,3-tetraclorobutano


h) 2,2-dibromo-2,2-diyodobutano


i) cloruro de isobutilo


j) dicloruro de carbonilo (vulgarmente FOSGENO)


k) 3-diyodo-5-cloro-4-etil-1-penteno


l) 1,3-dibromo-2,4-diclorobutano

TEMA 21. FUNCIÓN ÉSTER

I.

a) $CH_3—CH_2—COO—CH_2—CH_3$

b) $CH_3—CH{=}CH—COO—CH_2—CH_2—CH_3$

c) $HC{\equiv}C—COO—\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}—CH_3$

d) $CO_3—(CH_2—CH_3)_2$

e) $CH_3—COO—CH_3$

f) $NO_3—CH_2—CH_2—CH_3$

g) $CH_3—\underset{\displaystyle CH_2—CH_3}{\underset{|}{CH}}—COO—CH_3$

h) $CH_3—CH_2—CO—O—CH_2—CH_2—COOH$

i) $CH_3—CHBr—COO—CH_3$

j) $HOOC—\underset{\displaystyle CH_2—CH_3}{\underset{|}{CH}}—CH_2—CH_2—CO—O—CH_2—CH_3$

k) $CO_3\begin{array}{l}\diagup CH{=}CH_2\\ \diagdown H\end{array}$

l) $CH_2{=}\underset{\displaystyle \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}—CH_2—CH_3}{\underset{|}{C}}—COO—CH_2—CH_3$

m) $CH_3—OOC—COO—CH_2—CH_2—CH_3$

II.

a) butanoato de metilo
b) 2-butinoato de vinilo
c) yodoetanoato de etilo
d) diacetato de metileno
e) 2-etilpentanoato de metilo
f) sulfato (VI) de etilo y metilo
g) propanoato de 2-metilbutilo
h) 3-metoxibutanoato de etilo
i) 2-isopropil-2-butenoato de vinilo

TEMA 22. FUNCIÓN ÉTER

I.

a) $CH_3—CH_2—CH_2—O—CH_2—CH_3$

b) $CH_3—CH_2—CH_2—O—CH{=}CH_2$

c) $CH_3—O—CH_2—CH(CH_3)—CH_2—CH_3$

d) $CH_3—CH_2—O—CH_2—O—CH_2—O—CH_3$

e) $CH_3—O—CH_2—C{\equiv}CH$

f) $CH_3—CH_2—CH—CH—CH(Br)—CH_2—CH_3$ (los dos CH centrales unidos por un puente O, epóxido)

g) $HOCH_2—O—CH_2OH$

h) $CH_3—CH_2—O—CH_2—O—CHOH—CH_3$

i) $CH_3—CH(O—CH_2—CH_3)—CHOH—CH_2—CH_3$

j) $HOCH_2—CH_2—CH_2—O—CH_2—CHOH—CH_3$

k) $CH_3—CHCl—O—CH_2—CH_2Cl$

II.

a) isopropilmetil éter
b) 3-metoxi-1-propanol
c) 3-propoxi–1-propeno
d) 2,5-dioxaheptano
e) epoxietano (también llamado óxido de etileno)
f) isobutiletil éter
g) 3-oxahexan-1,5-diol
h) diisobutil éter
i) 1-terc-butiloxi-2-metilpropano

TEMA 23. FUNCIÓN AMINA

I.

a) $H_2N—CH_2—CH(CH_3)—CH_3$

b) $CH_3—NH—CH{=}CH_2$

c) $CH_3{-}CH{=}CH{-}CH_2{-}NH_2$

d) $CH{\equiv}C{-}CH_2{-}NH_2$

e)
$$\begin{array}{cccccccccc} CH_3 & - & CH_2 & - & CH_2 & - & N & - & CH & - CH_3 \\ & & & & & & \vert & & \vert & \\ & & & & CH_3 & - & CH_2 & & CH_3 & \end{array}$$

f) $HOOC{-}CH_2{-}CH_2{-}NH_2$

g)
$$\begin{array}{ccccccccccc} CH_3 & - & CH_2 & - & CH & - & CH & - & CH_2 & - & NH_2 \\ & & & & \vert & & \vert & & & & \\ & & & & CH_3 & & CH_3 & & & & \end{array}$$

h)
$$\begin{array}{ccccc} CH_3 & - & CH & - & CH_2OH \\ & & \vert & & \\ & & NH_2 & & \end{array}$$

i)
$$\begin{array}{ccccccccccc} CH_3 & - & CH & - & CH_2 & - & CH & - & CH_2 & - & NH_2 \\ & & \vert & & & & \vert & & & & \\ & & NH_2 & & & & NH_2 & & & & \end{array}$$

j) $CH_3{-}NH{-}CH_2{-}NH{-}CH_2OH$

k) $CH{\equiv}C{-}CH_2{-}NH_2$

l)
$$\begin{array}{ccccccccc} CH_3 & - & CH & - & CO & - & CH_2 & - & CH_3 \\ & & \vert & & & & & & \\ & & CH_2 & - & NH_2 & & & & \end{array}$$

m) $CH_3{-}CH_2{-}HN{-}NH{-}CH_3$

n)
$$\begin{array}{ccccccccccc} & & & & & & CH_3 & & & & \\ & & & & & & \vert & & & & \\ H_2N & - & CH_2 & - & CH & - & CH & - & CH_2 & - & NH_2 \\ & & & & \vert & & & & & & \\ & & & & CH_2 & - & CH_3 & & & & \end{array}$$

II.

a) N-etilisopropilamina
b) N-etil-2-propenilamina
c) 1-amino-2-buteno
d) ácido 4-aminobutanoico
e) ácido 3,5-diaza-2,4-dioxahexanoico
f) isopropilhidrazina
g) trimetilamina
h) 3-etil-2-metil-2,4-diazapentano
i) ácido 4-aminopentanoico
j) ácido 4-aza-3-(metilamino) pentanoico
k) N,N-divinilhidroxilamina

TEMA 24. FUNCIÓN AMIDA

I.

a) $CH_3-CH_2-CO-NH_2$

b) $CH_3-CO-NH-CO-CH_3$

c) $CH_3-CO-\underset{\substack{|\\ CH_2-CH_3}}{N}-CH_2-CH_3$

d) $CH_2=CH-CO-NH_2$

e) $CH\equiv C-C\equiv C-CO-NH_2$

f) $CH_3-CO-\underset{\substack{|\\ CH_2-CH_3}}{N}-CO-CH_3$

g) $NH_2-CO-(CH_2)_3-\underset{\substack{|\\ CO-NH_2}}{CH}-(CH_2)_3-CO-NH_2$

h) $CH_3-\underset{\substack{|\\ CH_3}}{CH}-\underset{\substack{|\\ CH_2-CH_3}}{CH}-CO-NH_2$

i) $CH_2=C=CH-CO-NH_2$

j) $H-CO-\underset{\substack{|\\ CH_2-CH_3}}{N}-CH_2-CH_3$

k) $CH_3-CH_2-CH_2-CO-NH-CH=CH_2$

II.

a) pentanamida
b) 2-butenodiamida
c) N-etil-3-metilbutiramida
d) triacetamida
e) ácido acetamidopropanoico
f) 3-butinamida
g) N,N-divinilformamida
h) ácido propionamidoetanoico
i) N-propildiformamida
j) 1,4,7-heptanotricarboxamida
k) ácido 4-acetamidohexanoico

TEMA 25. FUNCIÓN NITRILO, CIANUROS Y NITRODERIVADOS

I.

a) $CH_2=CH-CH_2-CN$

b) $CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle CH_2-CH_3}{\underset{|}{CH}}-CN$

c) $Pb(CN)_4$

d) $CH_3-CH_2-NO_2$

e) $CH\equiv C-CH_2-CN$

f) $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CN$

g) $CH_3-\underset{\displaystyle NO_2}{\underset{|}{CH}}-CH_2-NO_2$

h) $NC-CH_2-CH_2-CH_2-CN$

i) $CH_3-\underset{\displaystyle CN}{\underset{|}{CH}}-COOH$

j) $NC-CH_2-COO-CH_2-CH_3$

k) $CH\equiv C-C\equiv C-CH_2-CN$

l) $CH_2=CH-C\equiv C-CH_2-CN$

II.

a) 2-metilpropanonitrilo
b) cianuro de vinilo o propenonitrilo
c) pentanodinitrilo
d) cianuro de bario
e) 3-metil-2-nitrobutano
f) cianoacetileno
g) 3-pentenonitrilo
h) 3-metil-2-oxopentanonitrilo
i) metoxipropanonitrilo
j) ácido 4-cianobutanoico
k) 4-cianobutanoato de metilo
l) formilpropanonitrilo

TEMA 26. ANHÍDRIDOS Y HALUROS DE ÁCIDOS ORGÁNICOS Y COMPUESTOS DE AMONIO

I.

a) $(CH_3—CH_2—CO)_2O$

b) $CH_3—COCl$

c) $(CH_3—CH_2—NH_2—CH_2—CH_3)F$

d) $(ICO)_2O$

e) $CH_3—CH_2—CH_2—COCl$

f) $(CHCl_2—CH_2—CO)_2O$

II.

a) anhídrido acético
b) fluoruro de propionilo
c) anhídrido bis (2,3-diyodopropiónico)
d) bromuro de tribromoacetilo
e) yoduro de fluoroacetilo
f) bromuro de etoxiformilo
g) hidróxido de etildimetilamonio

TEMA 28. HIDROCARBUROS AROMÁTICOS

I.

a) NO_2

b) OH, HO, OH

c) NH_2

d) NH_2, $O—CH_3$

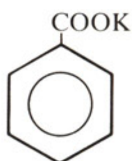
e) NH_2, NH_2

f) $CH_2—O—$

g)



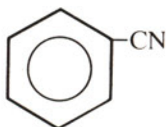
h)



i)



j)



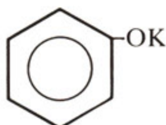
k)



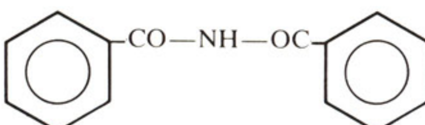
l)



m)



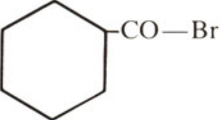
n)



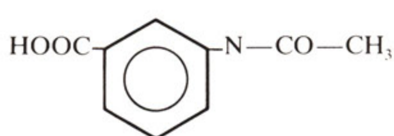
o)



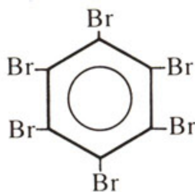
p)



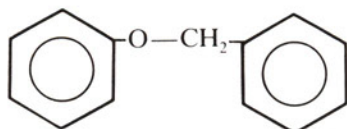
q)



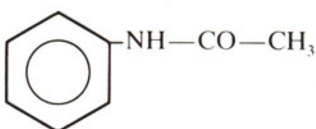
r)



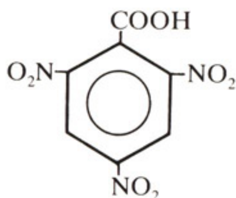
s)



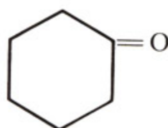
t)



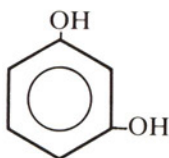
u)



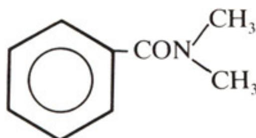
v)



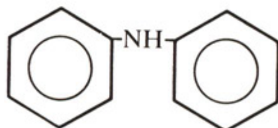
w)



x)



y)



z)



II.

a) orto-dietoxibenceno
b) 1,2-bencenodicarboxílico
c) isocianuro de fenilo
d) 1,2-dinitrobenceno
e) cianuro de ciclohexilo o ciclohexanocarbonitrilo
f) benzoato de bencilo
g) propanoato de fenilo
h) ciclohexanocarboxílico
i) alcohol bencílico
j) 4-ciclohexil-2-butanona
k) trifenilamina
l) m-metoxifenol
m) aminometilbenceno o bencenometilamina
n) 1-etil-5-ciclohexeno-2,4-diamina
o) 2,3-dinitrotolueno
p) ácido 3-fenilpropanoico
q) N,N-dimetilfenilamina
r) ácido p-aminobenzoico

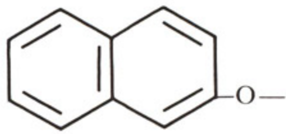
s) ácido 3-hidroxibenzoico
t) alcohol bencílico
u) isocianato de fenilo
v) 3-hidroxibenzoato de metilo
w) benzoato de estaño (II)
x) fenilacetato de fenilo
y) benzamida
z) cloruro de bencilo

A) 2,5-ciclohexadien-1,4-diona o p-benzoquinona
B) ácido 2,5-dihidroxi-4-metoxibenzoico
C) 1,2-ciclohexanodicarboxilato de sodio
D) alcohol 1-aminobencílico
E) 1,3,5-ciclohexatriona
F) etoxiciclohexano
G) 1,4-diyodobenceno
H) p-metil-benzoato de metilo
I) bencilato de sodio
J) 3-bromobenceno-N-metilamina
K) P-bencenodicarboxílico
L) yoduro de trifenilmetano
M) fluoruro de benzoilo
N) salicilato de etilo
O) N-acetil-N-metilbenzamida
P) anhídrido benzoico
Q) 3-nitrobenzonitrilo
R) 2-nitrobenzoato de etilo
S) 2-toluamida
T) ácido 2-cianobenzoico
U) ácido 3,5-dinitro benzoico
V) benzonitrilo o cianuro de fenilo
W) 1-alil-5-etinilbenceno
X) 4,3′-oxidifenol (debemos primar uno de los localizadores)
Y) 1-vinil-4-metil-5-(2-propinil) benceno
Z) 2,5-xilenol

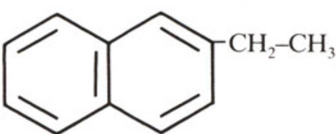
TEMA 29. HIDROCARBUROS POLICÍCLICOS

I.

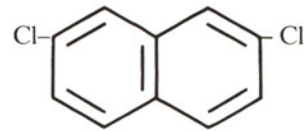
a)



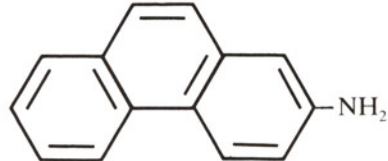
b)



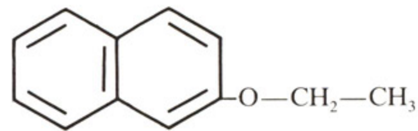
c)



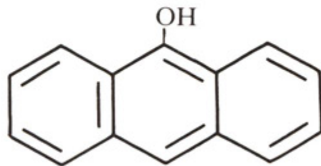
d)



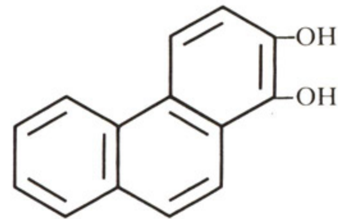
e)



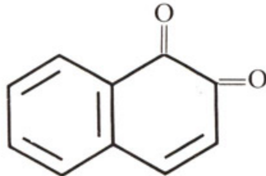
f)



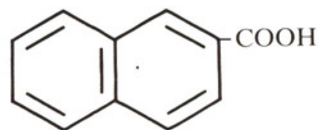
g)



h)



i)



II.

a) 3-naftol
b) 3,4-naftoquinona
c) 1-naftilamina o 1-aminonaftaleno
d) 9,10-fenantroquinona
e) 1,3-dicianonaftaleno
f) 1-metoxiantraceno
g) N-(2-naftil)-3-metilbutanamida
h) 2-etilbenzoato de 2-naftilo
i) 4-etil-5-metilnaftaleno
j) 2-yodo-6-bromonaftaleno
k) 4,5,10-trimetil-2-antrol
l) 2-estirilnaftaleno

ÍNDICE

Págs.

Págs.

R. 5517

546
TOR
for

J. TORRES PATIÑO

Licenciado en Ciencias Físicas
Profesor de Enseñanza Secundaria

FORMULACIÓN QUÍMICA Y AJUSTE DE ECUACIONES



EDITORIAL EVEREST, S. A.

Madrid • León • Barcelona • Sevilla • Granada • Valencia
Zaragoza • Las Palmas de Gran Canaria • La Coruña
Palma de Mallorca • Alicante • México • Lisboa

TERCERA EDICIÓN

© José Torres Patiño y
EDITORIAL EVEREST, S. A.
Carretera León-La Coruña, km 5 - LEÓN
ISBN: 84-241-7602-2
Depósito legal: LE. 438-1995
Printed in Spain - Impreso en España

EDITORIAL EVERGRÁFICAS, S. L.
Carretera León-La Coruña, km 5
LEÓN (España)

Este libro está concebido como un manual práctico para la comprensión de la escritura y lectura de las fórmulas de los compuestos químicos y como un método sencillo y rápido para el ajuste de ecuaciones (coeficientes moleculares, ion-electrón), con los conceptos teóricos necesarios para tal fin.

Se trata de un texto simplificado, con una exposición sistemática y contenidos precisos apoyados por tablas, diagramas de formulación, prácticas y ejercicios, que proporcionarán al estudiante de química una visión exhaustiva y actualizada de la formulación química.

Editorial Everest, S.

FORMULACIÓN QUÍMICA Y AJUSTE DE ECUACIONES/TOR
I01190494P 9788424176020

2 498300 830850
Desde 1923, tu librería de confianza y tu compra segura de libros en Internet
casadellibro.com